

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年10月20日
Date of Application:

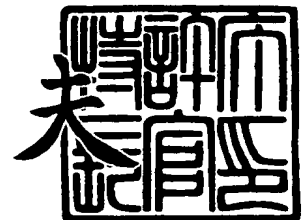
出願番号 特願2003-359790
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-359790]

出願人 ヤマハ株式会社
Applicant(s):

2003年11月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



【書類名】 特許願
【整理番号】 PA03-227
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 43/12
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内
 【氏名】 大橋 俊幸
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内
 【氏名】 涌井 幸夫
【特許出願人】
 【識別番号】 000004075
 【氏名又は名称】 ヤマハ株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100088971
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大庭 咲夫
【選任した代理人】
 【識別番号】 100115185
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 加藤 慎治
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2002-308376
 【出願日】 平成14年10月23日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 075994
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0001421
 【包括委任状番号】 0001423

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

ピンド層とフリー層とを含む磁気抵抗効果素子を含んでなる磁気センサであって、前記フリー層の両端に配設されるとともに同フリー層に所定の向きのバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜と、前記フリー層に近接して設けられ所定条件下での通電により前記バイアス磁界と同一の向きの磁界を同フリー層に加える初期化用コイルとを備えた磁気センサ。

【請求項 2】

ピンド層とフリー層と同フリー層に対しバイアス磁界を付与する永久磁石からなるバイアス磁石膜とを基板上に有し同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、

前記ピンド層となる膜と前記フリー層となる膜と前記バイアス磁石膜となる膜とを含む島状の素子膜を複数個だけ前記基板上に点在させてなるウエハを製造する工程と、

前記ウエハと前記マグネットアレイとが所定の相対的位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイの磁極のうちの一の磁極と同磁極と最短距離を隔てて隣接する同マグネットアレイの磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記複数の素子膜の前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程とを含む磁気センサの製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の磁気センサの製造方法において、

前記ウエハを製造する工程は、前記複数の素子膜の各フリー層となる膜を長軸と短軸とを備えた形状となるように形成するとともに、少なくとも同複数の素子層のフリー層となる膜の一つの長軸と他のフリー層となる膜の長軸とが直交するように同複数の素子膜の各フリー層となる膜を形成し、且つ、前記バイアス磁石膜となる膜を同各フリー層となる膜の長軸方向の両端部に形成する工程を含み、

前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程における前記所定の相対的位置関係は、前記マグネットアレイにより形成される磁界により、同バイアス磁石膜となる膜の磁化の向きを同バイアス磁石膜が両端に形成された前記フリー層となる膜の長軸方向に一致させる前記ウエハと前記マグネットアレイとの相対的位置関係である磁気センサの製造方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の磁気センサの製造方法であって、更に、

前記ウエハと前記マグネットアレイとが前記所定の相対的位置関係とは異なる相対的位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイにより形成される前記磁界を利用して前記複数の素子膜の前記ピンド層となる膜の磁化の向きをピンする工程を含む磁気センサの製造方法。

【請求項 5】

略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形であり且つ同中心軸に直交する同略正方形の端面に磁極が形成された永久磁石を複数個備えたマグネットアレイであって、

前記複数の永久磁石は、それぞれの前記略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配置されるとともに、前記正方格子の任意の一系列上に配置された前記複数の永久磁石のうちの一つの永久磁石の前記端面の一辺が同じ列上に配置された他の永久磁石の前記端面の一辺と略同一線上に存在し、前記複数の永久磁石の端面の総てが略同一平面上に存在し、且つ、前記複数の永久磁石のうちの最短距離を隔てて互いに隣接する二つの永久磁石の端面に形成された磁極の極性が異なるように、配置されたマグネットアレイ。

【請求項 6】

略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形であり且つ同中心軸に直交する同略正方形の端面に磁極が形成された永久磁石を複数個備えるとともに、磁性材料からなる薄板状のヨークを備えたマグネットアレイであって、

前記複数の永久磁石は、それぞれの前記略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配置されるとともに、前記正方格子の任意の一系列上に配置された前記複数の永久磁石のうちの一つの永久磁石の前記端面の一辺が同じ列上に配置された他の永久磁石の前記端面の一辺と略同一線上に存在し、前記複数の永久磁石の端面の総てが略同一平面上に存在し、且つ、前記複数の永久磁石のうちの最短距離を隔てて互いに隣接する二つの永久磁石の端面に形成された磁極の極性が異なるように、配置され、

前記ヨークは、前記配置された複数の永久磁石と略同一の位置に同永久磁石の前記略正方形を有する断面と略同一形状の複数の貫通孔を備え、同貫通孔に同永久磁石が挿入されて前記永久磁石の端面が存在する平面が同ヨークの上面と下面の間に存在するように配置されたマグネットアレイ。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のマグネットアレイであって、

前記ヨークは、前記複数の貫通孔のうちの最短距離を隔てて互いに隣接する貫通孔同士の間、エアギャップとなる貫通穴が形成されたマグネットアレイ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のマグネットアレイであって、

前記ヨークは、平面視で前記正方格子の各格子点同士を結んで形成される正方形の重心を包囲する位置に開口が形成されてなるマグネットアレイ。

【請求項 9】

請求項 6 乃至請求項 8 の何れか一項に記載のマグネットアレイであって、

前記ヨークの各貫通孔は、平面視で前記永久磁石の略正方形を有する断面と略同一の正方形の正方形部と、同正方形部の各角部から同正方形の外方に膨出したマージン部と、を備えてなるマグネットアレイ。

【書類名】明細書

【発明の名称】磁気センサ、同磁気センサの製造方法及び同製造方法に適したマグネットアレイ

【技術分野】**【0001】**

本発明は、ピンド層とフリー層とを含んでなる磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサ、同磁気センサの製造方法及び同製造方法に適したマグネットアレイに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来から、磁化の向きが所定の向きにピン（固定）されたピンド層と、磁化の向きが外部磁界に応じて変化するフリー層とを備え、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対関係に応じた抵抗値を呈する巨大磁気抵抗素子（GMR素子）等の磁気抵抗効果素子が磁気センサに応用されている。このような磁気センサにあっては、微小な外部磁界を精度良く検出するために、同外部磁界が同磁気センサに加わっていない場合のフリー層の各磁区の磁化の向きを所定の向き（以下、この所定の向きを「初期状態の向き」とも称呼する。）に安定的に維持する必要がある。

【0003】

そこで、一般には、薄膜のフリー層の平面視での形状を長方形とするとともに、同長方形の長辺（長軸）を前記初期状態の向きに一致させることにより、磁化の向きが長手方向に揃う形状異方性を利用して同フリー層の各磁区の磁化の向きを同初期状態の向きに一致させるようにしている。また、外部磁界が消滅したときにフリー層の各磁区の磁化の向きが長期安定的に前記初期状態の向きに復帰するように、フリー層の長手方向の両端部に永久磁石膜であるバイアス磁石膜を配し、同バイアス磁石膜によって同初期状態の向きの磁界を同フリー層に加えるようになっている（例えば、特許文献1を参照。）。

【特許文献1】特開2002-299728（図42～図44）

【0004】

このような、フリー層とバイアス磁石膜の磁化の様子を、同フリー層と同バイアス磁石膜の平面図である図17を参照しながら説明する。図17において、フリー層100はX軸方向に長手方向を有するように形成されていて、同長手方向の両端に一对のバイアス磁石膜101、102が配設されている。

【0005】

これらの膜を形成した段階においては、図17（A）の矢印にて示したように、フリー層100及びバイアス磁石膜101、102の各磁区の磁化の向きはフリー層の長手方向の向きである初期状態の向きに揃っていない。フリー層100及びバイアス磁石膜101、102がこのような状態にある磁気センサに対し、フリー層の長手方向と直交する方向（Y軸方向）において大きさが変化する外部磁界を印加して同磁気センサの抵抗値を調べると、図18（A）に示したように、ヒステリシスが発生する。このことから明らかなように、フリー層100及びバイアス磁石膜101、102の磁化の向きが同フリー層の長手方向に揃っていない磁気センサにおいては、外部磁界が「0」近傍であるときの抵抗値が図18（A）に矢印にて示した範囲内で変動することになり、その結果、同磁気センサは微小磁界を精度良く検出することができない。

【0006】

次に、フリー層100及びバイアス磁石膜101、102が図17（A）に示した状態にある磁気センサに対してフリー層100の長手方向（X軸正方向）にバイアス磁石膜101、102の保磁力 H_c よりも大きさが大きい磁界を印加し、フリー層100の初期化とバイアス磁石膜101、102の着磁とを行うと、図17（B）に示したように、同フリー層100及び同バイアス磁石膜101、102の各磁区の磁化の向きは初期状態の向きに一致する。

【0007】

このような状態にある磁気センサに対してY軸方向においてバイアス磁石膜101、1

02の保磁力よりも小さい範囲内で大きさが変化する外部磁界を印加すると、フリー層100の各磁区の磁化の向きは図17(C)に示したように変化し、その後、同外部磁界を消滅させると同フリー層100の各磁区の磁化の向きは図17(B)と同じように図17(D)に示した初期状態の向きに復帰する。この場合、磁気センサの抵抗値を調べると、図18(B)に示したように、ヒステリシスが低減して外部磁界が「0」近傍であるときの同抵抗値が略一定となる。従って、フリー層100の初期化、及びバイアス磁石膜101, 102の着磁を行った磁気センサは、微小磁界を精度良く検出可能となる。

【0008】

しかしながら、かかる磁気センサ(フリー層100の初期化、及びバイアス磁石膜101, 102の着磁を行った磁気センサ)にバイアス磁石膜101, 102の保磁力よりは小さいが比較的大きい大きさを有し、且つ初期状態の向きとは反対の向き(X軸負方向)に主成分を有する外部磁界が印加されると、フリー層の各磁区の磁化は図19(A)に示した状態から図19(B)に示した状態へと変化し、その後、同外部磁界を消滅させても、図19(C)に示したように、同フリー層100の各磁区の磁化の向きが初期状態の向きへ一致(復帰)しなくなる。この結果、磁気センサは再び外部磁界の変化に対してヒステリシスを有するようになり、磁界の検出精度が悪化してしまうという問題がある。

【0009】

従って、本発明の目的の一つは、大きな外部磁界が加わった後においても、検出精度を良好に維持することが可能な磁気センサを提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記バイアス磁石膜の着磁を効率的に行うことができる磁気センサ、同磁気センサの製造方法及び同製造方法に適したマグネットアレイを提供することにある。

【発明の開示】

【0010】

本発明の特徴は、ピンド層とフリー層とを含む磁気抵抗効果素子を含んでなる磁気センサが、前記フリー層の両端に配設されるとともに同フリー層に所定の向きのバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜と、前記フリー層に近接して設けられ所定条件下での通電により前記バイアス磁界と同一方向の磁界を同フリー層に加える初期化用コイルとを備えたことにある。

【0011】

これによれば、初期化用コイルは所定条件下にて通電され、フリー層の各磁区の磁化の向きをバイアス磁石膜によるバイアス磁界と同一の向きに戻すための初期化用磁界を発生させるので、強い磁界が磁気センサに加わる等の何らかの理由によりフリー層の各磁区の磁化の向きが乱された場合であっても、これを修正することができ、その結果、磁界に対する抵抗値変化にヒステリシスを有さず、長期に渡り微小磁界をも精度良く検出することが可能な磁気センサが提供され得る。

【0012】

本発明の他の特徴は、ピンド層とフリー層と同フリー層に対しバイアス磁界を付与する永久磁石からなるバイアス磁石膜とを基板上に有し同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法が、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、前記ピンド層となる膜と前記フリー層となる膜と前記バイアス磁石膜となる膜とを含む島状の素子膜を複数個だけ前記基板上に点在させてなるウエハを製造する工程と、前記ウエハと前記マグネットアレイとが所定の相対的位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイの磁極のうちの一の磁極と同磁極と最短距離を隔てて隣接する同マグネットアレイの磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記複数の素子膜の前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程とを含んだことにある。

【0013】

上記マグネットアレイは、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設し、各永久磁石の

磁極の極性が平面視において（同一平面内で）最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成されている。従って、マグネットアレイの上方において、同マグネットアレイの平面視で、一つのN極から同N極の右側に存在するS極へ右方向の磁界、同N極から同N極の上側に存在するS極へ上方向の磁界、同N極から同N極の左側に存在するS極へ左方向の磁界、及び同N極から同N極の下側に存在するS極へ下方向の磁界が形成される（図13を参照）。同様に、あるS極に対しては、このS極の右側に存在するN極から左方向の磁界、このS極の上側に存在するN極から下方向の磁界、このS極の左側に存在するN極から右方向の磁界、及びこのS極の下側に存在するN極から上方向の磁界が形成される。

【0014】

上記方法は、このような磁界を形成するマグネットアレイに対し、前記ピン層となる膜と前記フリー層となる膜と前記バイアス磁石膜となる膜とを含む島状の素子膜を複数個だけ前記基板上に点在させてなるウエハを所定の相対的位置関係をもって近接配置し、同マグネットアレイにより形成される上述した磁界を利用して前記複数の素子膜の前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う。従って、単一基板上でバイアス磁石膜の着磁方向が互いに交差（この場合は、直交）してなる磁気センサを効率的に製造することができる。

【0015】

より具体的には、前記ウエハを製造する工程は、前記複数の素子膜の各フリー層となる膜を長軸と短軸とを備えた形状となるように形成するとともに、少なくとも同複数の素子層のフリー層となる膜の一つの長軸と他のフリー層となる膜の長軸とが直交するように同複数の素子膜の各フリー層となる膜を形成し、且つ、前記バイアス磁石膜となる膜を同各フリー層となる膜の長軸方向の両端部に形成する工程を含み、前記バイアス磁石膜となる膜の着磁を行う工程における前記所定の相対的位置関係は、前記マグネットアレイにより形成される磁界により、同バイアス磁石膜となる膜の磁化の向きを同バイアス磁石膜が両端に形成された前記フリー層となる膜の長軸方向に一致させる前記ウエハと同マグネットアレイとの相対的位置関係である。

【0016】

また、この場合において、前記ウエハと前記マグネットアレイとが前記所定の相対的位置関係とは異なる相対的位置関係を有するように同ウエハを同マグネットアレイに近接配置し、同マグネットアレイにより形成される前記磁界を利用して前記複数の素子膜の前記ピン層となる膜の磁化の向きをピンする工程を含むことが好適である。

【0017】

これによれば、バイアス磁石膜となる膜の着磁に使用するマグネットアレイをピン層の磁化の向きを固定する際にも使用できるので、単一基板上でピン層の磁化の向きが互いに交差（この場合は、直交）してなる磁気センサ（直交する向きの磁界をそれぞれ検出することができる2軸磁気センサ）を効率的且つ安価に製造することができる。

【0018】

また、本発明によれば、略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形である複数の永久磁石を、同略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配設するとともに、同配設された各永久磁石の磁極の極性（同端面に現れる磁極の極性）が最短距離を隔てて隣接する他の永久磁石の磁極の極性（同端面に現れる磁極の極性）と異なるように構成したマグネットアレイが提供される。

【0019】

即ち、このマグネットアレイは、前記複数の永久磁石が、それぞれの前記略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致し、それぞれの前記略正方形を有する端面の辺は同一列上の他の端面の辺と略同一線上に存在し、同端面が略同一平面上に存在し、且つ、同端面の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の永久磁石の端面の磁極の極性と異なるように配設されたマグネットアレイである。

【0020】

上述したように、かかるマグネットアレイを用いれば、例えば、上記2軸磁気センサの

各バイアス磁石膜となる膜の着磁及び／又は各ピンド層となる層の磁化の向きの固定を効率的に行うことができるので、同 2 軸磁気センサを安価に製造することができる。

【0021】

また、このマグネットアレイは、「略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形であり且つ同中心軸に直交する同略正方形の端面に磁極が形成された永久磁石を複数個備えたマグネットアレイであって、前記複数の永久磁石は、それぞれの前記略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配置されるとともに、前記正方格子の任意の一行上に配置された前記複数の永久磁石のうちの一つの永久磁石の前記端面の一边が同じ列上に配置された他の永久磁石の前記端面の一边と略同一線上に存在し、前記複数の永久磁石の端面の総てが略同一平面上に存在し、且つ、前記複数の永久磁石のうちの最短距離を隔てて互いに隣接する二つの永久磁石の端面に形成された磁極の極性が異なるように、配置されたマグネットアレイ」でもあり、上記磁気センサのバイアス磁石膜等の着磁を行う際に好適に使用され得る。

【0022】

更に、「略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形であり且つ同中心軸に直交する同略正方形の端面に磁極が形成された永久磁石を複数個備えるとともに、磁性材料からなる薄板状のヨークを備えたマグネットアレイであって、前記複数の永久磁石は、それぞれの前記略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配置されるとともに、前記正方格子の任意の一行上に配置された前記複数の永久磁石のうちの一つの永久磁石の前記端面の一边が同じ列上に配置された他の永久磁石の前記端面の一边と略同一線上に存在し、前記複数の永久磁石の端面の総てが略同一平面上に存在し、且つ、前記複数の永久磁石のうちの最短距離を隔てて互いに隣接する二つの永久磁石の端面に形成された磁極の極性が異なるように、配置され、前記ヨークは、前記配置された複数の永久磁石と略同一の位置に同永久磁石の前記略正方形を有する断面と略同一形状の複数の貫通孔を備え、同貫通孔に同永久磁石が挿入されて前記永久磁石の端面が存在する平面が同ヨークの上面と下面の間に存在するように配置されたマグネットアレイ」は、上記磁気センサのバイアス磁石膜等の着磁を行う際に好適に使用され得る。

【0023】

このマグネットアレイは磁性材料からなるヨークを備えるから、永久磁石からの磁力線を所望の箇所に導くことが可能となる。従って、このマグネットアレイにより、磁気センサのバイアス磁石膜の着磁等を効果的に行うことができる。

【0024】

この場合、前記ヨークは、前記複数の貫通孔のうちの最短距離を隔てて互いに隣接する貫通孔同士の間、エアギャップとなる貫通穴が形成されることが好適である。

【0025】

このマグネットアレイは、最短距離を隔てて隣接する貫通孔同士の間（それら二つの貫通孔には互いに磁極の極性が異なる永久磁石の端面が挿入される）にエアギャップとなる貫通穴が形成されているから、磁束は貫通穴内及び貫通穴の直近部分の空間に集中する。換言すると、マグネットアレイは、局所的な狭い空間領域に、大きさが大きく且つ方向が一定である磁場をもたらすことができる。従って、このマグネットアレイにより、磁気センサのバイアス磁石膜の着磁等を効果的に行うことができる。

【0026】

前記ヨークは、平面視で前記正方格子の各格子点同士を結んで形成される正方形の重心を包囲する位置に開口が形成されてなることも好適である。

【0027】

このマグネットアレイは、上述した貫通穴のみでなく開口をも備えている。この開口が形成された位置は、各格子点同士を結んで形成される正方形の重心を包囲する位置である。この位置は、各磁極からの磁力線が交差して磁界が不安定となる部分である。従って、開口により磁界の不安定さが解消される。この結果、最短距離を隔てて隣接する異極の磁極間に生じる磁界が直線的となり、より安定した強い一様な磁界を前記貫通穴の近傍部分

に局所的に発生させることができる。この理由により、かかるマグネットアレイによれば、磁気センサのバイアス磁石膜の着磁等を効果的に行うことができる。

【0028】

更に、前記ヨークの各貫通孔は、平面視で前記永久磁石の略正方形を有する断面と略同一の正方形の正方形部と、同正方形部の各角部から同正方形の外方に膨出したマージン部と、を備えることが好適である。

【0029】

ヨークに対し、エッチングにより正方形の貫通孔を形成する場合、エッチングが不十分であると、正方形の角部が円弧状となって永久磁石を挿入できない恐れがある。これに対し、上記ヨークにおいては、マージン部もエッチングされるので、永久磁石を貫通孔内に確実に挿入することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下、本発明による磁気センサの実施形態について図面を参照しながら説明する。この磁気センサは、後述する製造方法によってNタイプとSタイプとに別れる。図1は、Nタイプの磁気センサ10とSタイプの磁気センサ50とを並べたものの平面図である。Nタイプの磁気センサ10とSタイプの磁気センサ50は、図1に黒塗りの矢印にて示したピン層の固定された磁化の向き、及び図1に白抜きの矢印にて示したフリー層の初期状態の磁化の向き等が互いに異なる点を除き実質的に同一の形状・構成を有している。従って、以下、Nタイプの磁気センサ10を主として説明する。

【0031】

磁気センサ10は、図1に示したように、平面視で互いに直交するX軸及びY軸に沿った辺を有する長形状（略正方形）であって、X軸及びY軸に直交するZ軸方向に小さな厚みを有する石英ガラスからなる単一のチップ（単一基板）10aと、図3に示した基板10aの上に積層された複数の絶縁層10b（この絶縁層の中には配線層が含まれる。）と、同絶縁層10bの最上層10b1の上に形成された合計で8個のGMR素子11～14、21～24と、合計で8個の初期化用コイル31～34、41～44とを含んで構成されている。

【0032】

第1 X軸GMR素子11は、チップ10aのY軸方向略中央部下方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第2 X軸GMR素子12は、チップ10aのY軸方向略中央部上方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第3 X軸GMR素子13は、チップ10aのY軸方向略中央部上方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。第4 X軸GMR素子14は、チップ10aのY軸方向略中央部下方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。

【0033】

第1 Y軸GMR素子21は、チップ10aのX軸方向略中央部左方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第2 Y軸GMR素子22は、チップ10aのX軸方向略中央部右方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第3 Y軸GMR素子23は、チップ10aのX軸方向略中央部右方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。第4 Y軸GMR素子24は、チップ10aのX軸方向略中央部左方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図1の黒塗りの矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。

【0034】

各GMR素子11～14, 21～24は、チップ10aにおける配置が異なる点を除き、互いに実質的に同一の構造を備えている。従って、以下、第1X軸GMR素子11を代表例として、その構造について説明する。

【0035】

第1X軸GMR素子11は、平面図である図2、及び、図2の1-1線に沿った平面にて第1X軸GMR素子11を切断した概略断面図である図3に示したように、スピバルブ膜SVからなりY軸方向に長手方向を有する複数の幅狭带状部11a…11aと、各幅狭带状部11aの長手方向(Y軸方向)両端部の下方に形成されたCoCrPt等の硬質強磁性体であって、高保磁力、高角型比を有する材質からなるバイアス磁石膜(硬質強磁性体薄膜層であって着磁により永久磁石膜となる膜)11b…11bとを備えている。各幅狭带状部11a…11aは、各バイアス磁石膜11b…11bの上面にてX軸方向に伸びて隣接する幅狭带状部11aと接合して所謂「つづら折れ状」に形成されるとともに、同各バイアス磁石膜11b…11bの上面において同各バイアス磁石膜11b…11bと磁氣的に結合している。

【0036】

第1X軸GMR素子11のスピバルブ膜SVは、図4に膜構成を示したように、基板であるチップ10aの上に順に積層されたフリー層(自由層)F、膜厚が2.4nm(24Å)のCuからなる導電性のスペーサ層S、固着層(ピン層)P、及び膜厚が2.5nm(25Å)のチタン(Ti)又はタンタル(Ta)からなるキャッピング層Cからなっている。

【0037】

フリー層Fは、外部磁界の向きに応じて磁化の向きが変化する層であり、基板10aの直上に形成された膜厚が8nm(80Å)のCoZrNbアモルファス磁性層11-1と、CoZrNbアモルファス磁性層11-1の上に形成された膜厚が3.3nm(33Å)のNiFe磁性層11-2と、NiFe磁性層11-2の上に形成された1～3nm(10～30Å)程度の膜厚のCoFe層11-3とからなっている。CoZrNbアモルファス磁性層11-1とNiFe磁性層11-2は軟質強磁性体薄膜層を構成している。CoFe層11-3はNiFe層11-2のNi、及びスペーサ層SのCu11-4の拡散を防止するものである。

【0038】

固着層(ピン層)Pは、膜厚が2.2nm(22Å)のCoFe磁性層11-5と、Ptを45～55mol%含むPtMn合金から形成した膜厚が24nm(240Å)の反強磁性膜11-6とを重ね合わせたものである。CoFe磁性層11-5は、着磁(磁化)された反強磁性膜11-6に交換結合的に裏打されることにより磁化(磁化ベクトル)の向きがX軸負方向にピン(固着)されるピンド層を構成している。

【0039】

バイアス磁石膜11b…11bは、フリー層Fの一軸異方性を維持するため、同フリー層Fに対して同フリー層Fの長手方向であるY軸負方向(図1及び図2の白抜き矢印にて示した方向)にバイアス磁界を与えている。

【0040】

このように構成された第1X軸GMR素子11は、図5の実線にて示したように、X軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する抵抗値を呈し、図5の破線にて示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界に対しては略一定の抵抗値を呈する。

【0041】

次に初期化用コイル31～34, 41～44について説明する。初期化用コイル31～34, 41～44は、図1及び図3に示したように、GMR素子11～14, 21～24のそれぞれの略直下において絶縁層の最上層10b1を介して下層の絶縁層10b2内に埋設されている。初期化用コイル31～34, 41～44は、互いに同一形状を有すると

ともに、各対応する直上のGMR素子との相対位置関係も互いに同一であり、図1に白抜きの矢印に示した方向の初期化用磁界を各対応するGMR素子に加えるようになっている。

【0042】

以下、初期化用コイル31を代表例として説明すると、この初期化用コイル31は、平面視における外形が略長方形となるように巻回され、同平面視で第1X軸GMR素子11の直下において同第1X軸GMR素子11の幅狭带状部11aの長手方向と直交する方向(X軸方向)に直線的に延びる複数の初期化用磁界発生部31a...31aを有している。また、初期化用コイルの一の端部31b及び他の端部31cは、定電圧源の正極及び負極とそれぞれ接続されていて、初期化用コイル31には所定の条件が成立したときに所定の電流が通電され、図1に白抜きの矢印で示したように、第1X軸GMR素子11の幅狭带状部11aに対しY軸負方向の初期化用磁界を印加するようになっている。

【0043】

次に、上記GMR素子11~14及びGMR素子21~24によりそれぞれ構成されるX軸磁気センサ(X軸方向を磁界検出方向とする磁気センサ)及びY軸磁気センサ(Y軸方向を磁界検出方向とする磁気センサ)について説明すると、X軸磁気センサは、図6(A)に等価回路を示したように、第1~第4X軸GMR素子11~14が図1に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。なお、図6(A)において、第1~第4X軸GMR素子11~14の各々に隣接した位置に示されたグラフは、各グラフに隣接したGMR素子の特性(外部磁界に対する抵抗値Rの変化)を示している。この点は、図7~図9について同様である。これらのグラフ中の H_x 、 H_y は、それぞれX軸、Y軸にそって大きさが変化する外部磁界を示している。

【0044】

このような構成において、第1X軸GMR素子11と第4X軸GMR素子14の接続点、及び第2X軸GMR素子12と第3X軸GMR素子13の接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極(グラウンド)に接続され、電位+V(本例では5(V))、及び電位-V(本例では0(V))がそれぞれ付与される。そして、第1X軸GMR素子11と第3X軸GMR素子13の接続点と、第4X軸GMR素子14と第2X軸GMR素子12の接続点の電位差 V_{ox} がセンサ出力として取り出される。この結果、X軸磁気センサは、図6(B)に示したように、X軸に沿って変化する外部磁界 H_x に略比例して変化する出力電圧 V_{ox} を示すようになっている。

【0045】

Y軸磁気センサは、図7(A)に等価回路を示したように、第1~第4Y軸GMR素子21~24が図1に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。そして、第1Y軸GMR素子21と第4Y軸GMR素子24の接続点、及び第2Y軸GMR素子22と第3Y軸GMR素子23の接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極(グラウンド)に接続され、電位+V(本例では5(V))、及び電位-V(本例では0(V))がそれぞれ付与される。また、第1Y軸GMR素子21と第3Y軸GMR素子23の接続点と、第4Y軸GMR素子24と第2Y軸GMR素子22の接続点の電位差 V_{oy} がセンサ出力として取り出される。この結果、Y軸磁気センサは、図7(B)に示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界 H_y に略比例して変化する出力電圧 V_{oy} を示すようになっている。以上が、Nタイプの磁気センサ10の構成である。

【0046】

一方、Sタイプの磁気センサ50は、図1に示したように、GMR素子51~54、61~64と、初期化用コイル71~74、81~84とを含んでいて、磁気センサ10と同様な構成を有し、X軸磁気センサ及びY軸磁気センサを備えている。

【0047】

即ち、磁気センサ50のX軸磁気センサは、図8(A)の等価回路図に示したように、第1~第4X軸GMR素子51~54が図1に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。このような構成において、第1X軸GMR素子51と

第4 X軸GMR素子54の接続点、及び第2 X軸GMR素子52と第3 X軸GMR素子53の接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極（グラウンド）に接続され、電位+V（本例では5（V））、及び電位-V（本例では0（V））がそれぞれ付与される。そして、第1 X軸GMR素子51と第3 X軸GMR素子53の接続点と第4 X軸GMR素子54と第2 X軸GMR素子52の接続点の間の電位差 V_{ox} がセンサ出力として取り出される。この結果、X軸磁気センサは、図8（B）に示したように、X軸に沿って変化する外部磁界 H_x に略比例して変化する出力電圧 V_{ox} を示すようになっている。

【0048】

また、磁気センサ50のY軸磁気センサは、図9（A）に等価回路を示したように、第1～第4 Y軸GMR素子61～64が図1に図示しない導線を介してフルブリッジ接続されることにより構成されている。そして、第1 Y軸GMR素子61と第4 Y軸GMR素子64との接続点、及び第2 Y軸GMR素子62と第3 Y軸GMR素子63との接続点が、それぞれ図示しない定電圧源の正極、及び負極（グラウンド）に接続され、電位+V（本例では5（V））、及び電位-V（本例では0（V））がそれぞれ付与される。また、第4 Y軸GMR素子64と第2 Y軸GMR素子62の接続点と、第1 Y軸GMR素子61と第3 Y軸GMR素子63との接続点の間の電位差 V_{oy} がセンサ出力として取り出される。この結果、Y軸磁気センサは、図9（B）に示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界 H_y に略比例して変化する出力電圧 V_{oy} を示すようになっている。

【0049】

次に、上記のように構成される磁気センサ10、50の製造方法について説明する。まず、平面図である図10に示したように、後に基板10a、50aとなる長方形の石英ガラス（ウエハ）10a1の上に、各絶縁層10bを所定の配線又はLSIの形成とともに積層し、初期化用コイル31～34、41～44、71～74、81～84を絶縁層10b2内に形成した後、最上層である絶縁層10b1を形成する（図1～図3を参照。）。

【0050】

次いで、上記GMR素子11～14、21～24、51～54、61～64を構成する膜Mを島状に複数形成する。具体的に述べると、上記バイアス磁石膜11bを形成し、その上に上記GMR素子11～14、21～24、51～54、61～64を構成する膜Mを形成する。この成膜は、超高真空装置を用いて精密な厚さに連続積層で行われる。膜Mはパターンニングされ、島状のGMR素子となる部分が複数形成される。これらの膜Mは、石英ガラス10a1が後の切断工程により図10の破線に沿って切断されて図1に示した個々の磁気センサ10、50に分割されたとき、同図1に示したGMR素子11～14、21～24、51～54、61～64の各位置に配置されるように形成される。

【0051】

次に、平面図である図11に示したように、正方形の貫通孔が正方格子状に複数個だけ設けられた（即ち、X軸及びY軸に平行な辺を有する正方形の貫通孔が、同X軸及び同Y軸にそって互いに等距離を隔てて設けられた）長方形の金属プレート91を準備し、同金属プレート91の各貫通孔に同貫通孔と略同一の正方形断面を有する直方体形状の永久棒磁石92…92を、同永久棒磁石92…92の磁極が形成される端面が同金属プレート91と平行になるように、挿入する。このとき、永久棒磁石92…92の各端面を含む平面において、最短距離で隣接する磁極の極性が異なるように同永久棒磁石92…92を配置する。なお、永久棒磁石92…92の各磁荷の大きさは全て略等しいものを使用する。

【0052】

次に、X-Z平面に沿った断面を示した図12に示したように、厚さが約0.5mmであって前記金属プレート91と略同一形状の長方形を有する透明な石英ガラスからなるプレート93を準備し、永久棒磁石92…92の上面（前記磁極が形成された端面と反対側の面）とプレート93の下面を接着剤により接着し、金属プレート91を下方から取り去る。この段階で、永久棒磁石92…92とプレート93とにより、略直方体形状であって同直方体の一つの中心軸に直交する断面の形状が略正方形である複数の永久磁石を、同略正方形を有する端面の重心が正方格子の格子点に一致するように配設するとともに、同配

設された各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の永久磁石の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイMAが形成される。

【0053】

図13は、上記永久棒磁石92…92を四個だけ取り出した状態を示す斜視図である。この図から明らかなように、永久棒磁石92…92の端面（前記磁極が形成された端面）では、一つのN極から同N極に最短距離で隣接するS極に向かう90°ずつ方向が異なる磁界が形成されている。本実施形態においては、この磁界をGMR素子11～14、21～24、51～54、61～64の各バイアス磁石膜11b～14b、21b～24b、51b～54b、61b～64bの着磁のための磁界、及び各固着層P（固着層Pのピンド層）の磁化の向きを固定する際の磁界として使用する。

【0054】

即ち、先ず、図14に示したように、GMR素子となる膜Mが形成された石英ガラス10a1を、同GMR素子となる膜Mが形成された面がプレート93の上面と接するように配置し、プレート93と石英ガラス10a1とをクランプCにより互いに固定する。このとき、後に磁気センサ10、50となる部分を同磁気センサ10、50の各2個分だけに着目して拡大した平面図である図15に示したように、同磁気センサ10、50の各辺となる石英ガラス10a1の切断線CLの各交点CPが永久棒磁石92…92の夫々の重心と一致するように、同石英ガラス10a1とマグネットアレイMAを相対的に配置する。従って、図15に矢印にて示したように、プレート93の上面に石英ガラス10a1が載置された状態においては、GMR素子となる各膜Mに、同各膜Mの幅狭带状部の長手方向の磁界が加わる。

【0055】

本実施形態においては、かかる磁界を利用してバイアス磁石膜11b～14b、21b～24b、51b～54b、61b～64bの着磁を行うとともに、フリー層Fの各磁区の磁化の向きを初期状態における向きに一致させる。即ち、フリー層Fの各磁区の磁化を初期化する。

【0056】

次に、GMR素子となる膜Mが形成された石英ガラス10a1とマグネットアレイMA（プレート93）の相対位置関係を図16の平面図に示したように変更し、同GMR素子となる膜Mが形成された面がプレート93の上面と接するように配置する。このとき、磁気センサ10、50の各辺となる石英ガラス10a1の切断線CLの各交点CPが互いに隣接する4つの永久棒磁石92…92の重心の夫々と一致するように、同石英ガラス10a1とマグネットアレイMAを相対的に配置する。従って、図16に矢印にて示したように、プレート93の上面に石英ガラス10a1が載置された状態においては、GMR素子となる各膜Mに同各膜Mの幅狭带状部の長手方向と直交する向きの磁界が加わる。

【0057】

本実施形態においては、かかる磁界を利用して固着層P（固着層Pのピンド層）の磁化の向きを固定する熱処理（規則化熱処理）を行う。即ち、図16に示した状態で、プレート93と石英ガラス10a1とをクランプCにより互いに固定し、真空中でこれらを250℃～280℃に過熱し、その状態で4時間ほど放置する。

【0058】

その後、石英ガラス10a1を取り出し、各膜Mを接続する配線等を形成し、最後に図10等にした破線（切断線CL）に沿って石英ガラス10a1を切断する。以上により、図1に示した磁気センサ10、50が一時に多数個製造される。

【0059】

以上、説明したように、上記実施形態は、フリー層Fの長手方向の両端に配設されるとともに同フリー層に所定の向き（同フリー層の長手方向）のバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜11b…11bを備えているので、外部磁界が存在しない状態におけるフリー層の各磁区の磁化の向きを安定して所定の向きに維持することができる。

【0060】

また、初期化用コイル31～34, 41～44が所定条件下にて通電され、フリー層の各磁区の磁化の向きをバイアス磁石膜によるバイアス磁界の向きと同一の向き（即ち、フリー層の長手方向）に戻すための初期化用磁界を発生するので、強い磁界がフリー層に加わることにより同フリー層の各磁区の磁化の向きが乱された場合であっても、同磁化の向きを確実に初期状態へと戻すことができる。この結果、磁気センサ10, 50は、外部磁界の変化に対して同外部磁界が「0」近傍であるときに発生するヒステリシスを小さく維持できるので、微小磁界を長期に渡り精度良く検出することができる。

【0061】

更に、上述した製造方法の実施形態によれば、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイMAが準備され、このマグネットアレイMAが形成する磁界によりフリー層の各磁区の磁化の向きの初期化及びバイアス磁石膜の着磁と、ピン層となる磁性層の磁化の向きをピンさせるピンニングとが行われる。従って、磁界検出方向が異なる（互いに直交する）複数のGMR素子を単一チップ上に効率的かつ容易に形成することができ、少なくとも互いに直交する方向で大きさが変化する磁界の各々を検出し得る単一チップからなる磁気センサを安価に製造することができる。

【0062】

なお、上記実施形態においては、バイアス磁石膜（マグネット膜）をパターンニングした後にGMR膜（GMR素子となる膜）Mを形成し、このGMR膜Mをパターンニングした後に規則化熱処理を行っていた。しかしながら、この規則化熱処理は、GMR膜Mのパターンニングの前に行ってもよい。更に、バイアス磁石膜をGMR膜Mの後に形成してもよい。

【0063】

次に、本発明による磁気センサの他の実施形態（第2実施形態）について説明する。この磁気センサには、前述した磁気センサと同様、図21に平面図を示したNタイプと図22に平面図を示したSタイプとがある。Nタイプの磁気センサ110とSタイプの磁気センサ150は、図21及び図22に黒塗りの矢印にて示したピン層の固定された磁化の向き及び白抜きの矢印にて示したフリー層の初期状態の磁化の向きが互いに異なる点を除き実質的に同一の形状・構成を有している。なお、図21及び図22において、初期化用コイルの図示は省略されている。

【0064】

Nタイプの磁気センサ110は、Nタイプの磁気センサ10のGMR素子及び初期化用コイルの配置が異なる点を除き、磁気センサ10と同一の構造を備えている。即ち、磁気センサ110は、単一のチップ10aと同じ単一のチップ110aと、絶縁層10bと同じ絶縁層と、同絶縁層の最上層の上に形成された合計で8個のGMR素子111～114, 121～124と、合計で8個の初期化用コイルとを含んで構成されている。GMR素子111～114, 121～124と8個の初期化用コイルとの相対位置関係は、GMR素子11～14, 21～24と初期化用コイル31～34, 41～44との相対位置関係と同一である。また、GMR素子111～114は、GMR素子11～14と同様に、フルブリッジ接続されてX軸磁気センサを構成する。GMR素子121～124は、GMR素子21～24と同様に、フルブリッジ接続されてY軸磁気センサを構成する。

【0065】

第1 X軸GMR素子111は、チップ110aのY軸方向略中央部でX軸負方向端部近傍に形成されている。第2 X軸GMR素子112は、チップ110aのY軸方向略中央部で第1 X軸GMR素子111よりも僅かな距離だけX軸正方向に離れた位置に形成されている。第3 X軸GMR素子113は、チップ110aのY軸方向略中央部でX軸正方向端部近傍に形成されている。第4 X軸GMR素子114は、チップ110aのY軸方向略中央部で第3 X軸GMR素子113よりも僅かな距離だけX軸負方向に離れた位置に形成されている。第1～第4 X軸GMR素子111～114の各長手方向は、Y軸方向となっている。

【0066】

第1 Y軸GMR素子121は、チップ110aのX軸方向略中央部でY軸正方向端部近傍に形成されている。第2 Y軸GMR素子122は、チップ110aのX軸方向略中央部で第1 Y軸GMR素子121よりも僅かな距離だけY軸負方向に離れた位置に形成されている。第3 Y軸GMR素子123は、チップ110aのX軸方向略中央部でY軸負方向端部近傍に形成されている。第4 Y軸GMR素子124は、チップ110aのX軸方向略中央部で第3 Y軸GMR素子123よりも僅かな距離だけY軸正方向に離れた位置に形成されている。第1～第4 Y軸GMR素子121～124の各長手方向は、X軸方向となっている。

【0067】

Sタイプの磁気センサ150は、Sタイプの磁気センサ50のGMR素子及び初期化用コイルの配置が異なる点を除き、磁気センサ50と同一の構造を備えている。即ち、磁気センサ150は、単一のチップ50aと同じ単一のチップ150aと、絶縁層10bと同じ絶縁層と、同絶縁層の最上層の上に形成された合計で8個のGMR素子151～154、161～164と、合計で8個の初期化用コイルとを含んで構成されている。GMR素子151～154、161～164と8個の初期化用コイルとの相対位置関係は、GMR素子51～54、61～64と初期化用コイル71～74、81～84との相対位置関係と同一である。また、GMR素子151～154は、GMR素子51～54と同様に、フルブリッジ接続されてX軸磁気センサを構成する。GMR素子161～164は、GMR素子61～64と同様に、フルブリッジ接続されてY軸磁気センサを構成する。

【0068】

第1～第4 X軸GMR素子151～154の基板150aに対する位置関係は、第1～第4 X軸GMR素子111～114の基板110aに対する位置関係と同様である。第1～第4 X軸GMR素子151～154の各長手方向は、Y軸方向となっている。また、第1～第4 Y軸GMR素子161～164の基板150aに対する位置関係は、第1～第4 Y軸GMR素子121～124の基板110aに対する位置関係と同様である。第1～第4 Y軸GMR素子161～164の各長手方向は、X軸方向となっている。

【0069】

次に、上記のように構成された磁気センサ110、150の製造方法について説明する。この製造方法においては、前述したマグネットアレイMAと、マグネットアレイMAとは別のマグネットアレイMBとを使用する。

【0070】

先ず、前述した方法によりマグネットアレイMAを準備するとともに、以下に述べる方法でマグネットアレイMBを準備する。このマグネットアレイMBの製造方法の説明に先立ち、マグネットアレイMBを構成する各部品について説明する。マグネットアレイMBは、ヨーク（ヨーク板）200と、アレイ用基板210と、複数の永久磁石（永久棒磁石）230とから構成されている。

【0071】

ヨーク200は、図23乃至図25に示されている。図23はヨーク200の部分平面図、図24は図23の部分拡大図、図25は図24の2-2線に沿った平面にてヨーク200を切断した断面図である。このヨーク200は、空気より高い透磁率を有する磁性材料（例えば42アロイ（Fe-42Ni合金）等）からなる薄板体である。ヨーク200は、望ましくは、高飽和高透磁率材料（例えば、パーマロイ(permalloy)やケイ素鋼板(silicon steel(sheet))) からなっていてよい。ヨーク200の平面形状は長方形である。ヨーク200の板厚は、この例では0.15mmである。ヨーク200は、複数の貫通孔201を備えている。貫通孔201は、平面視で略正形状を有している。複数の貫通孔201は、正方格子状に配列されている。即ち、各貫通孔201の重心は、図24に示した正方格子点SPに一致している。平面視において、貫通孔201の任意の一辺は、隣接する貫通孔201の一つの辺と平行となっている。換言すると、貫通孔201の任意の一辺は、その貫通孔201と同一列上に形成された他の貫通孔201の一辺と同一直線上に

存在している。

【0072】

各貫通孔201は、一つの貫通孔201の平面形状を示した図26に示したように、平面視において正方形部201aとマージン部（円弧状部、R部）201bとを備えた形状を有している。正方形部201bの形状は正方形である。マージン部201bは、正方形部201bの各角部から同正方形の外方に膨出している。より具体的に述べると、マージン部201bの外形は、正方形部201aの対角線CR上に中心RPを備える円弧形状となっている。

【0073】

互いに最短距離を隔てて隣接する貫通孔201同士の間にはエアギャップとなる貫通穴202が形成されている。貫通穴202の形状は、平面視で略長方形である。貫通穴202の長辺は、同貫通穴202に隣接する貫通孔201の正方形部201bの一边と平行である。貫通穴202の長辺の長さは、正方形部201aの一边の長さと同様の長さ又は同正方形部201aの一边の長さより僅かに短い長さである。貫通穴202の短辺の長さは、GMR素子111～114, 121～124, 151～154, 161～164となる膜Mの長手方向の長さよりも大きい。

【0074】

ヨーク200は、また、開口（磁束制御穴）203を備えている。開口203は、平面視において、前記正方格子の各格子点SP同士を結んで形成される正方形の重心SQを包囲する位置に形成されている。開口203は、平面視において、重心SQを中心とする円形状を有している。

【0075】

図27及び図28に示されたアレイ用基板210は、図29に示した磁性材料（例えば、パーマロイ）からなる薄板体210aを加工した基板である。アレイ用基板210は、平面視でヨーク200と同様の形状を備えている。アレイ用基板210は、複数の溝210bを備えている。複数の溝210bは、平面視において、ヨーク200の貫通孔201と同一箇所（同一位置）に設けられている。溝210bの形状は、貫通孔201の正方形部201aと同様の形状である。

【0076】

永久棒磁石230（図31を参照。）は、直方体形状を有している。永久棒磁石230は、その直方体の相対的に長い中心軸に直交する平面で切断した断面の形状が、貫通孔201（及び溝210b）と同様の正方形形状となっている。永久棒磁石230の磁極は、前記正方形形状を有する両方の端面近傍に形成されている。複数の永久棒磁石230の各磁荷の大きさは全て略等しい。

【0077】

次に、マグネットアレイMBの製造方法について述べる。まず、ヨーク200となる板体を準備し、この板体に対してエッチングを施すことによって貫通孔201、貫通穴202及び開口203を形成する。次に、アレイ用基板210となる薄板体210aを準備し、この薄板体210aに対してエッチング（ハーフエッチング）を施すことにより溝210bを形成する。

【0078】

次に、斜視図である図30及び断面図である図31に示したように、アレイ用基板210の上に、角柱状のスペーサ220を配置する。スペーサ220は、アレイ用基板210の複数の溝210bからなる任意の一行と、その列に平行且つ隣接する列を構成する複数の溝210bとの間に配置される。スペーサ220がこのような配置されたとき、同スペーサ220のZ軸方向長さは、永久棒磁石230の磁極が形成される両端面間の長さよりも短い。なお、図30においては、マージン部201bは省略されている。

【0079】

続いて、スペーサ220の上にヨーク200を配置する。このとき、ヨーク200の貫通孔201（の正方形部201a）とアレイ用基板210の溝210bとが平面視で一致

するようにヨーク 200 を配置する。換言すると、ヨーク 200 がスペーサ 220 の上に配置された状態において、溝 210 b と貫通孔 201 とが Z 軸方向内にて揃っている。なお、このような配置を容易に行うことができるようにするため、ヨーク 200 及びアレイ用基板 210 に位置決めのためのマーク（アライメントマーク）を設けておいてもよい。

【0080】

次に、複数の永久棒磁石 230 をヨーク 200 の複数の貫通孔 201 にそれぞれ挿入する。この永久棒磁石 230 挿入時において、永久棒磁石 230 の一の磁極が形成される一の端面をアレイ用基板 210 の溝 210 b の上面に当接させる。この結果、複数の永久棒磁石 230 の他の磁極が形成される他の端面（以下、便宜上「上面」とも称呼する。）が、略同一平面内（同一平面上）に存在するように配置される。また、このとき、永久棒磁石 230 の上面を含む前記平面において、最短距離で隣接する磁極の極性が異なるように同永久棒磁石 230 を配置する。この結果、永久棒磁石 230 は、図 32 に示したように配置される。この状態において、永久棒磁石 230 の X 軸方向及び Y 軸方向への移動は、永久棒磁石 230 が溝 210 b とヨーク 200 の貫通孔 201 とに挿入されていることにより、阻止される。

【0081】

次に、ヨーク 200 の開口 203 を利用しながらヨーク 200 を上方（Z 軸正方向）に持ち上げる。より具体的に述べると、ピンセットを用いて二つの開口 203 を挟みながらヨーク 200 を持ち上げる。このような動作を、他の開口 203 を用いて繰り返し、ヨーク 200 の全体を徐々に持ち上げる。このとき、図 33 に示したように、永久棒磁石 230 の上面（複数の永久棒磁石 230 の磁極が形成された他の端面の総て）が形成する平面が、ヨーク 200 の上面 200 up と下面 200 dn の間の位置となるように、ヨーク 200 の高さ（アレイ用基板 210 からの距離）を調整する。換言すると、ヨーク 200 の板の厚み内に永久棒磁石 230 の上面が位置するように、ヨーク 200 を持ち上げる。なお、ヨーク 200 の上面 200 up と永久棒磁石 230 の上面が形成する平面が一致していてもよい。その後、スペーサ 220 を抜き取るとともに、ヨーク 200 をアレイ用基板 210 に対して固定する。以上により、マグネットアレイ MB が完成する。

【0082】

図 34 は、マグネットアレイ MB の永久棒磁石 230…230 を四個だけ取り出した状態を示す斜視図である。この図から明らかなように、永久棒磁石 230…230 の上面（前記磁極が形成された端面）では、一つの N 極から同 N 極に最短距離で隣接する S 極に向かう 90° ずつ方向が異なる磁界が形成されている。本実施形態においては、このマグネットアレイ MB によりもたらされる磁界を GMR 素子 111～114, 121～124, 151～154, 161～164 の各バイアス磁石膜の着磁のための磁界として使用する。

【0083】

このマグネットアレイ MB は、最短距離を隔てて隣接する磁極の極性が異なる永久棒磁石 230（の上面）同士の間にはエアギャップとなる貫通穴 202 が形成されている。これにより、図 35 に示したように、磁束は貫通穴 202 内及び貫通穴 202 の直近部分の空間に集中する。換言すると、マグネットアレイ MB は、局所的な狭い空間領域（貫通穴 202 の近傍領域）に、大きさが大きく且つ方向が一定である磁場をもたらすことができる。

【0084】

図 36 及び図 37 は、マグネットアレイ MB 及びマグネットアレイ MA における平面視での磁束の様子を矢印にてそれぞれ表した図である。この両図を比較することにより理解されるように、マグネットアレイ MB は、上述した貫通穴 202 のみでなく、開口 203 をも備えているので、最短距離を隔てて隣接する異極の永久棒磁石 230 の間に生じる磁界が直線的となり、マグネットアレイ MA よりも安定した強い一様な磁界を局所的に発生させることができる。

【0085】

以上によりマグネットアレイMA及びMBが準備できたので、以下、磁気センサ110及び150の具体的製造方法について説明する。

先ず、後にGMR素子111～114, 121～124, 151～154, 161～164となる膜Mを形成した基板（石英ガラス、後に説明する図39に示された基板110a1であるウエハ）を準備する。この基板は、図10に示した基板10a1と同様にして形成される。また、基板に形成された膜Mは、この基板が後の切断工程により切断されたとき、図21及び図22に示した個々の磁気センサ110, 150が形成されるように配置される。

【0086】

次に、GMR素子となる膜Mが形成された前述の基板とマグネットアレイMA（プレート93）とを図38の平面図に示したように配置し、それらの相対位置関係を固定する。このとき、GMR素子となる膜Mが形成された基板の面がプレート93の上面と接するように配置する（図14を参照。）。更に、磁気センサ110, 150の各辺となる基板の切断線CLの各交点CPが互いに隣接する4つの永久棒磁石92…92の重心の夫々と一致するように、同基板とマグネットアレイMAを相対的に配置する。従って、図38に矢印にて示したように、マグネットアレイMAの上面に基板が載置された状態において、GMR素子となる各膜Mに同各膜Mの幅狭带状部の長手方向と直交する向きの磁界が加わる。

【0087】

この第2実施形態においては、かかる磁界を利用して固着層P（固着層Pのピンド層）の磁化の向きを固定する熱処理を行う。即ち、図38に示した状態で、プレート93と基板とをクランプにより互いに固定し（図14を参照。）、真空中でこれらを250℃～280℃に過熱し、その状態で4時間ほど放置する。

【0088】

次いで、図39に示したように、GMR素子となる膜Mが形成された基板110a1を、同GMR素子となる膜Mが形成された面がマグネットアレイMBのヨーク200の上面200upと接するように配置する。このとき、部分拡大平面図である図40に示したように、磁気センサ110, 150の各辺となる基板110a1の切断線CLの各交点CPが永久棒磁石230…230の夫々の重心と一致するように、基板110a1とマグネットアレイMBを相対的に配置する。このとき、GMR素子となる各膜Mは、平面視でヨーク200の開口202の内側に配置される。この結果、ヨーク200の上面200upに基板110a1が載置された状態において、図40に矢印にて示したように、GMR素子となる各膜Mに対し同各膜Mの幅狭带状部の長手方向の磁界が加わる。

【0089】

この第2実施形態においては、かかる磁界を利用してバイアス磁石膜の着磁を行うとともに、フリー層の各磁区の磁化の向きを初期状態における向きに一致させる。即ち、フリー層の各磁区の磁化を初期化する。

【0090】

その後、基板110a1を取り出し、各膜Mを接続する配線等を形成し、最後に図38及び図40に示した切断線CLに沿って基板110a1を切断する。以上により、図21に示したモノリシック（単一チップ）の磁気センサ110及び図22に示したモノリシック（単一チップ）の磁気センサ150が一時に多数個製造される。

【0091】

このように、第2実施形態においては、マグネットアレイMBを使用して強い磁界を局部的に発生させ、この磁界によってGMR素子のバイアス磁石膜の着磁を行う。マグネットアレイMBは、エアギャップとして機能する貫通穴202が形成されたヨーク200を備えている。従って、マグネットアレイMBを使用することにより貫通穴202の近傍の空間に強い一様な磁界を生成することができるので、保磁力が大きい磁性材料をバイアス磁石膜に使用した場合でも、このバイアス磁石膜を確実に着磁させることができる。その結果、外乱（例えば、大きな外部磁界）が加わった後においても、フリー層の磁化が初期の

向きに安定的に復帰する高信頼性の磁気センサ 110, 150 が提供され得る。

【0092】

更に、マグネットアレイ MB のヨーク 200 には、各磁極からの磁力線が交差して磁界が不安定となる部分に開口 203 が形成されている。この結果、磁力線の方向性が安定するので、前記貫通穴 202 の近傍における磁界をより安定させることが可能となる。また、開口 203 は、マグネットアレイ MB のアレイ用基板 210 とヨーク 200 との距離（ヨーク 200 の高さ）を調整する際に利用される。この結果、ヨーク 200 の位置が高さ方向において容易に且つ理想的に調整され得るので、着磁しようとする GMR 素子のバイアス磁石膜が位置する部分に、最適な磁界を発生させることが可能となる。

【0093】

加えて、マグネットアレイ MB のヨーク 200 の貫通孔 201 は、正方形ではなく、正方形の各角部から同正方形の外方に膨出したマージン部 201b を備えた形状を有している。従って、エッチングにより貫通孔 201 を形成したとき、角部のエッチングが不十分な場合であっても、永久棒磁石 230 を貫通孔 201 内に確実に挿入することができる。なお、このようなマージン部を溝 210b の角部に設けても良い。

【0094】

本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、図 20 に第 1 X 軸 GMR 素子 301 を代表例として示したように、幅狭带状部 301a は、その両端部下方に配設されたバイアス磁石膜 301b...301b の上部にて分離していてもよい。また、初期化用コイル 302 は、中心点 P1 及び中心点 P2 をそれぞれ有するスパイラルコイル 302-1 及び 302-2 が接続されてなるダブルスパイラル型のコイルであってもよい。この場合、第 1 X GMR 素子 301 は中心点 P1 及び P2 の間に配置され、この結果、同第 1 X GMR 素子 301 の下方を通過する初期化用コイル 302 の各導線部には互いに並行で同一方向（各幅狭带状部 301a の長手方向と直交する向き）に電流が流れ、前記初期化用の磁界を発生する。また、初期化用コイルは多層コイルであってもよく、トロイダルコイルであってもよい。更に、初期化用コイルの発生する初期化用磁界とは直交する方向に各 GMR 素子の機能を検査するための検査用磁界を発生する検査用コイルが、同初期化用コイルの上方又は下方（Z 軸方向）の前記絶縁層内に併設されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図 1】 本発明の磁気センサの実施形態の平面図である。

【図 2】 図 1 に示した第 1 X 軸 GMR 素子の概略拡大平面図である。

【図 3】 図 2 に示した第 1 X 軸 GMR 素子を同図 2 の 1-1 線に沿った平面にて切断した概略断面図である。

【図 4】 図 2 に示した第 1 X 軸 GMR 素子のスピンバルブ膜構成を示す図である。

【図 5】 図 1 に示した第 1 X 軸 GMR 素子の X 軸方向にて変化する磁界に対する抵抗値の変化を実線で示し、Y 軸方向にて変化する磁界に対する抵抗値の変化を破線で示したグラフである。

【図 6】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える X 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 X 軸磁気センサの X 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 7】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える Y 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 Y 軸磁気センサの Y 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 8】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える別の X 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 X 軸磁気センサの X 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化を示したグラフである。

【図 9】 (A) は図 1 に示した磁気センサが備える別の Y 軸磁気センサの等価回路図であり、(B) は同 Y 軸磁気センサの Y 軸方向にて変化する磁界に対する出力の変化

を示したグラフである。

【図 10】図 1 に示した磁気センサを製造する途中のスピンバルブ膜が形成された石英ガラスの平面図である。

【図 11】図 1 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイを準備するための金属プレート、及び同金属プレートに挿入された永久棒磁石を示した平面図である。

【図 12】図 1 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイの断面図である。

【図 13】図 12 に示したマグネットアレイの磁石の一部を取り出した斜視図である。

【図 14】図 1 に示した磁気センサを製造する工程の一つを示した図である。

【図 15】図 1 に示した磁気センサの各 GMR 素子のバイアス磁石膜を着磁する方法を示した概念図である。

【図 16】図 1 に示した磁気センサの各 GMR 素子のピン層の磁化の向きをピンする方法を示した概念図である。

【図 17】GMR 素子のフリー層とバイアス磁石膜の磁化の様子を示した平面図であり、(A) はバイアス磁石膜の着磁前の状態、(B) はバイアス磁石膜の着磁後の状態、(C) は外部磁界が加わった状態、(D) は外部磁界が消滅した後の状態を示した図である。

【図 18】(A) はバイアス磁石膜の着磁前の状態における GMR 素子の外部磁界に対する抵抗値の変化を示したグラフ、(B) はバイアス磁石膜の着磁後の状態における GMR 素子の外部磁界に対する抵抗値の変化を示したグラフである。

【図 19】GMR 素子のフリー層とバイアス磁石膜の磁化の様子を示した平面図であり、(A) はバイアス磁石膜の着磁後で外部磁界が加わっていない状態、(B) は強い外部磁界が加わった状態、(C) は強い外部磁界が消滅した後の状態を示した図である。

【図 20】本発明による磁気センサの他の実施形態における第 1 X 軸 GMR 素子の概略拡大平面図である。

【図 21】本発明の他の磁気センサ (N タイプ) の実施形態の平面図である。

【図 22】本発明の他の磁気センサ (S タイプ) の実施形態の平面図である。

【図 23】本発明によるマグネットアレイ MB のヨークの部分平面図である。

【図 24】図 23 に示したヨークの部分拡大図である。

【図 25】図 24 の 2-2 線に沿った平面にてヨークを切断した断面図である。

【図 26】図 23 に示したヨークの一つの貫通孔の平面図である。

【図 27】本発明によるマグネットアレイ MB のアレイ用基板の断面図である。

【図 28】図 27 に示したアレイ用基板の部分平面図である。

【図 29】図 27 に示したアレイ用基板の元となる薄板体である。

【図 30】マグネットアレイ MB を製造する一工程を示した図である。

【図 31】マグネットアレイ MB を製造する一工程を示した図である。

【図 32】マグネットアレイ MB を製造する一工程を示した図である。

【図 33】マグネットアレイ MB を製造する一工程を示した図である。

【図 34】マグネットアレイ MB の磁石の一部とヨークとを取り出した斜視図である。

【図 35】マグネットアレイ MB の部分断面図である。

【図 36】マグネットアレイ MB による磁界を説明するための同マグネットアレイ MB の平面図である。

【図 37】マグネットアレイ MA による磁界を説明するための同マグネットアレイ MA の平面図である。

【図 38】図 21 及び図 22 に示した磁気センサの各 GMR 素子のピン層の磁化の向きをピンする方法を示した概念図である。

【図 39】図 21 及び図 22 に示した磁気センサの各 GMR 素子のバイアス磁石膜を着磁する際のマグネットアレイ MB と基板との位置関係を示した断面図である。

【図 40】図 21 及び図 22 に示した磁気センサの各 GMR 素子のバイアス磁石膜を着磁する方法を示した概念図である。

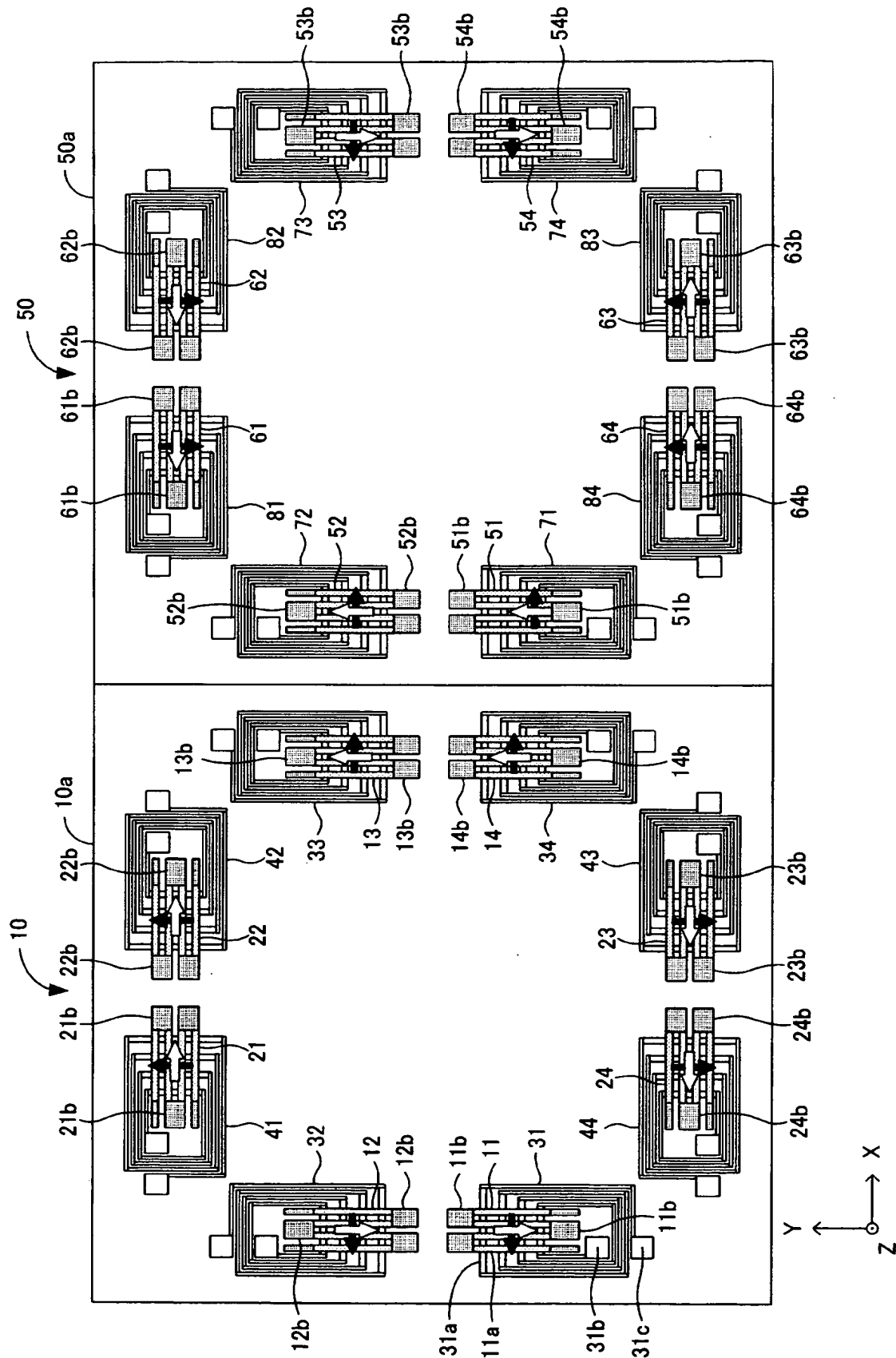
【符号の説明】

【0096】

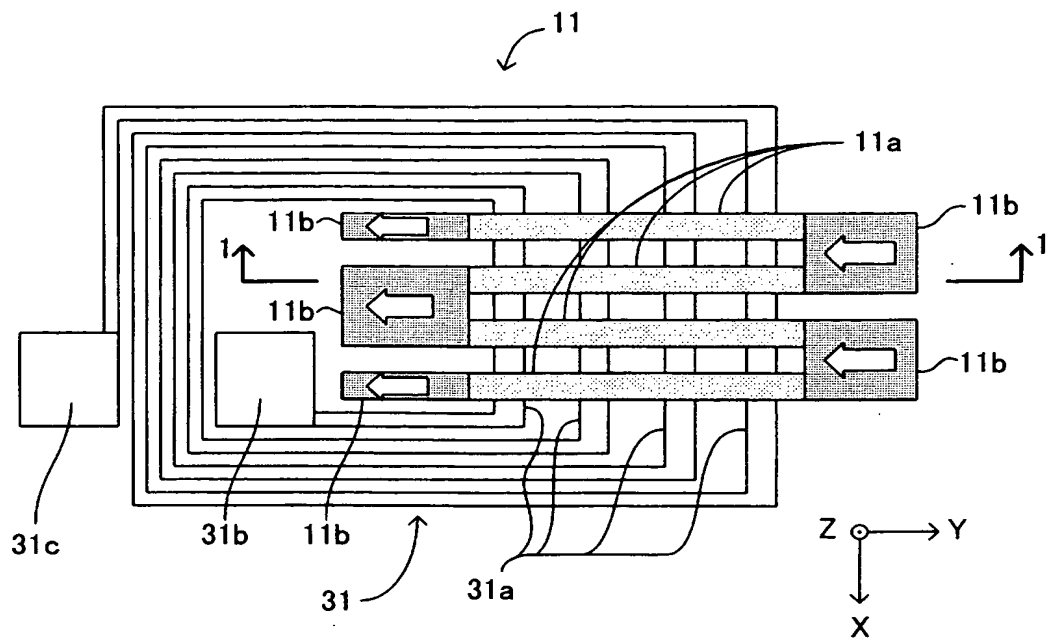
10, 50…磁気センサ、11～14, 21～24, 51～54, 61～64…GMR 素子、11a～14a, 21a～24a, 51a～54a, 61a～64a…幅狭帯状部、11b～14b, 21b～24b, 51b～54b, 61b～64b…バイアス磁石膜、31～34, 41～44, 71～74, 81～84…初期化用コイル、MA…マグネットアレイ。

【書類名】 図面

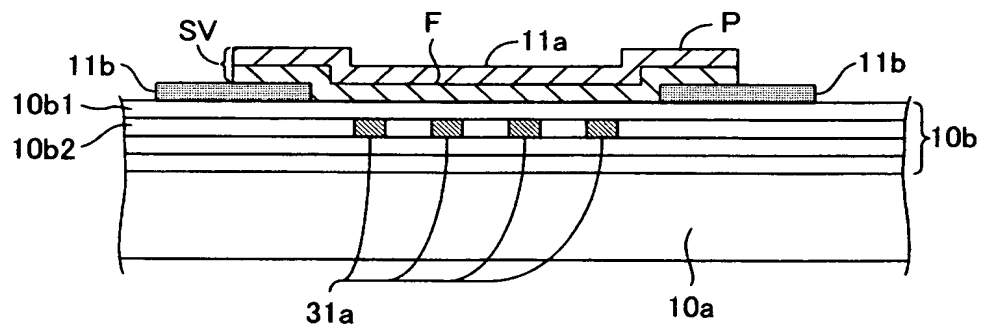
【図 1】



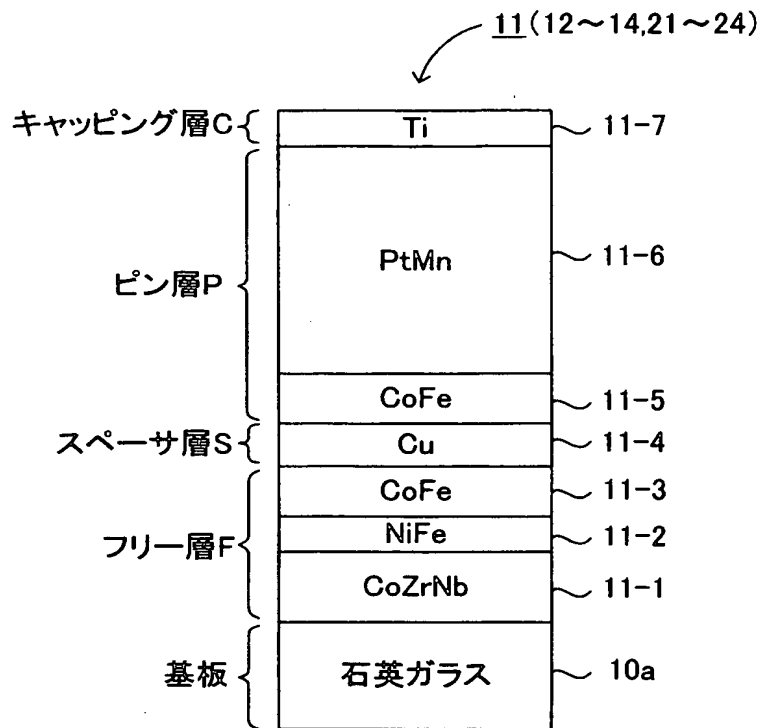
【図 2】



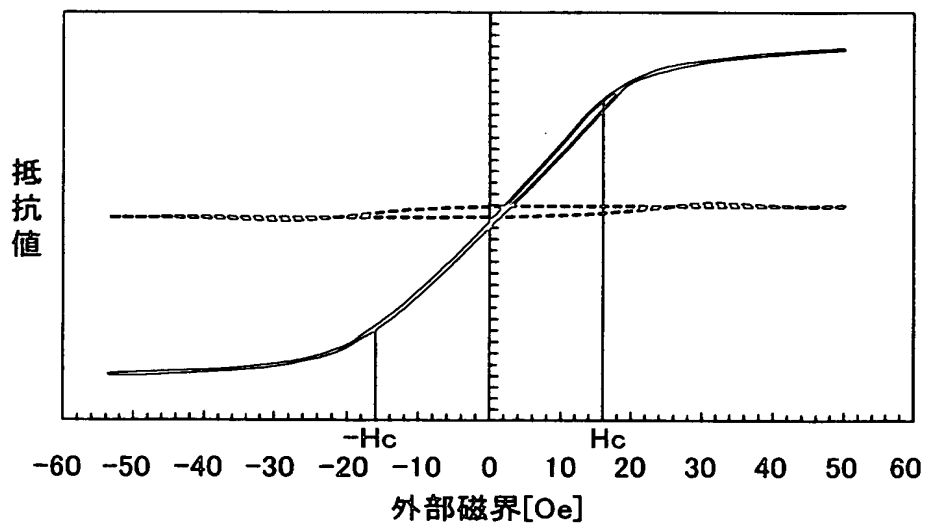
【図 3】



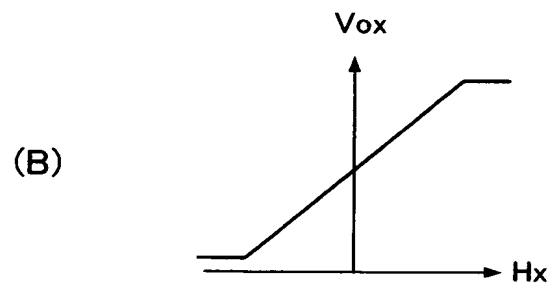
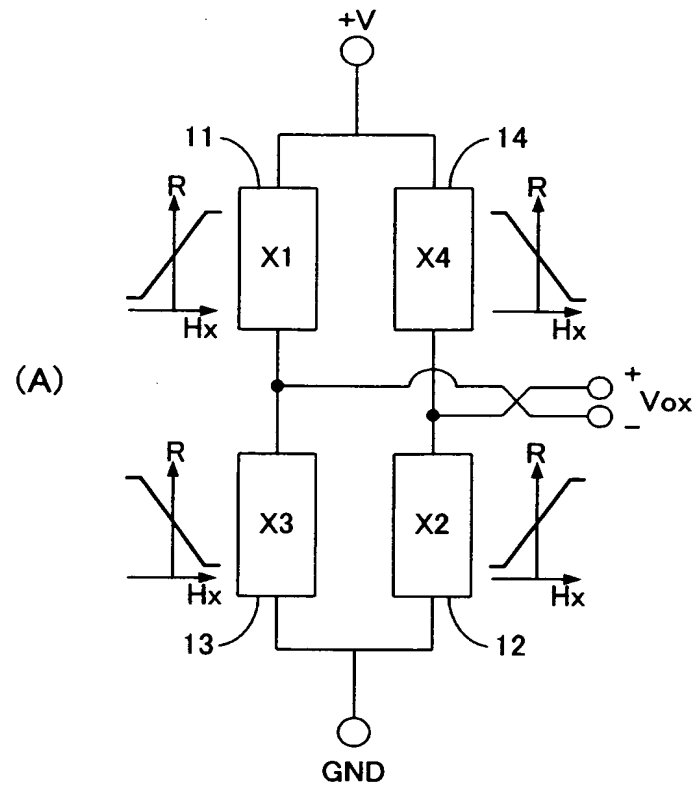
【図 4】



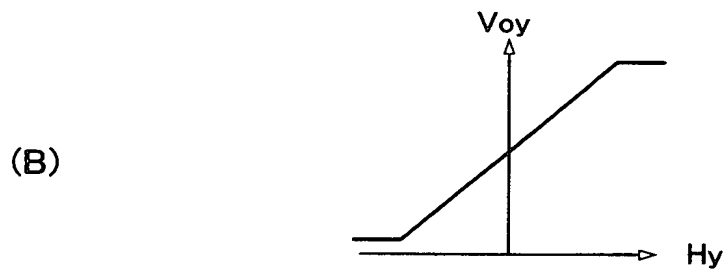
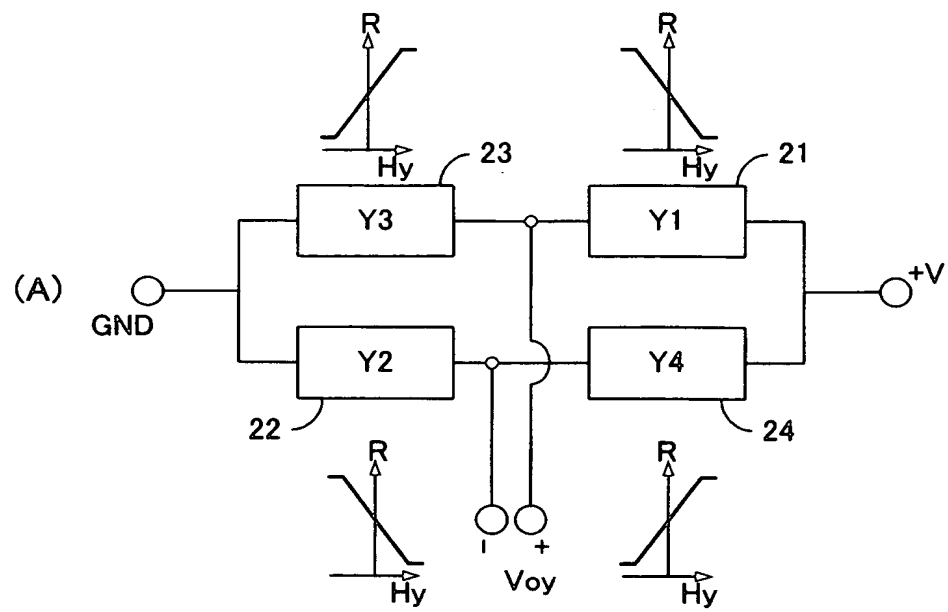
【図 5】



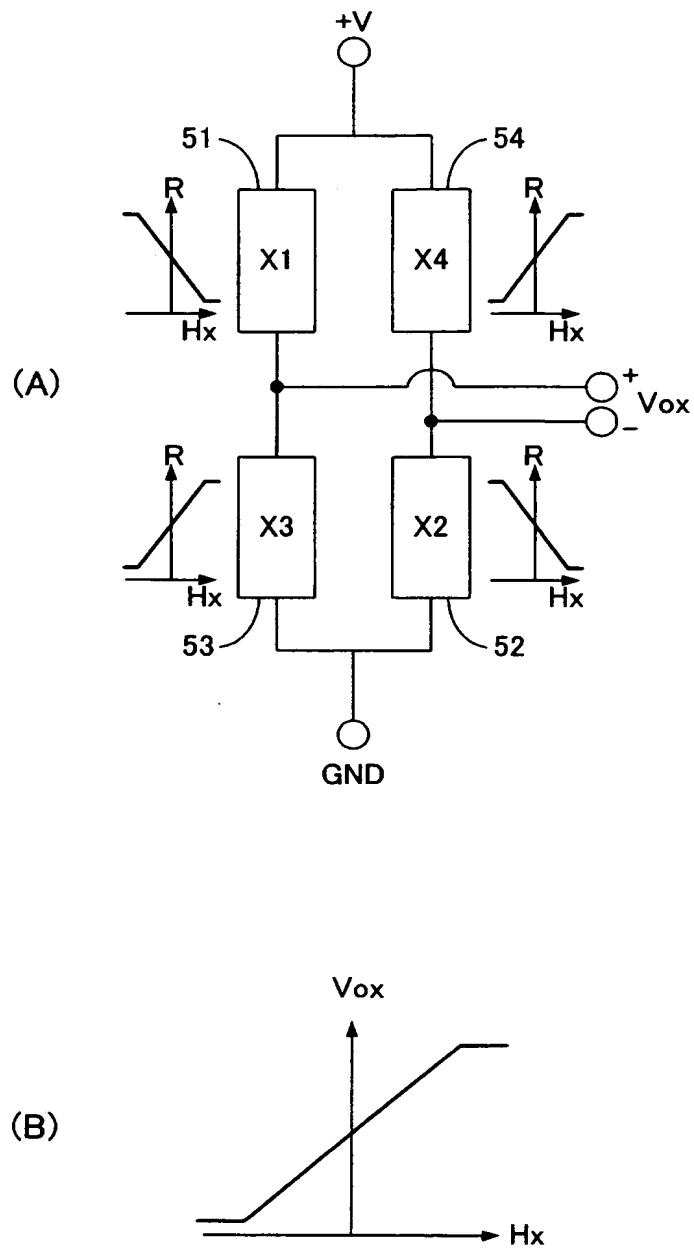
【図 6】



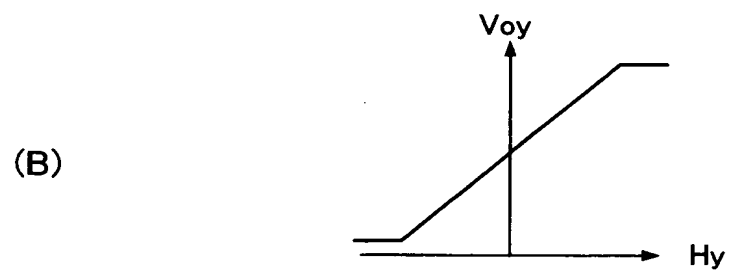
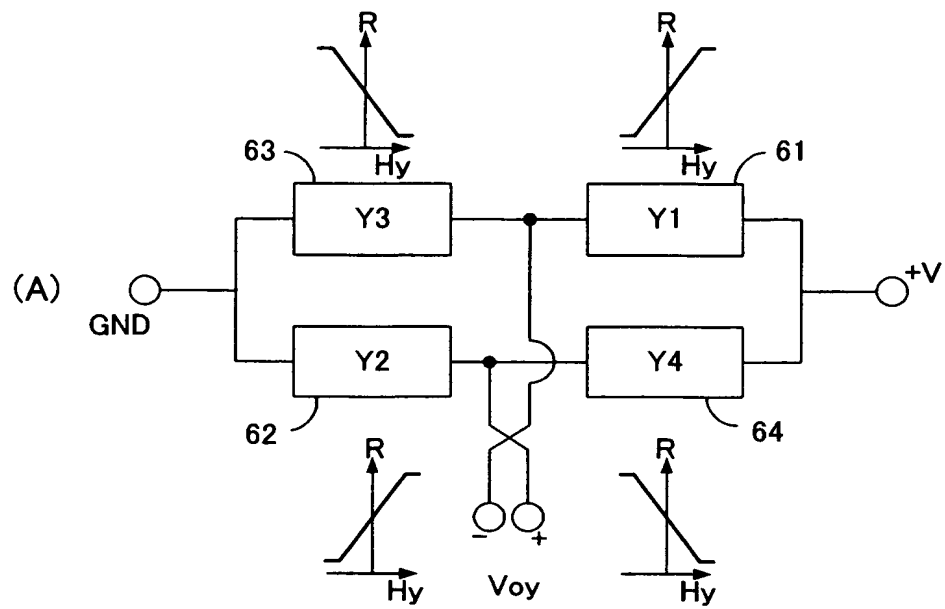
【図 7】



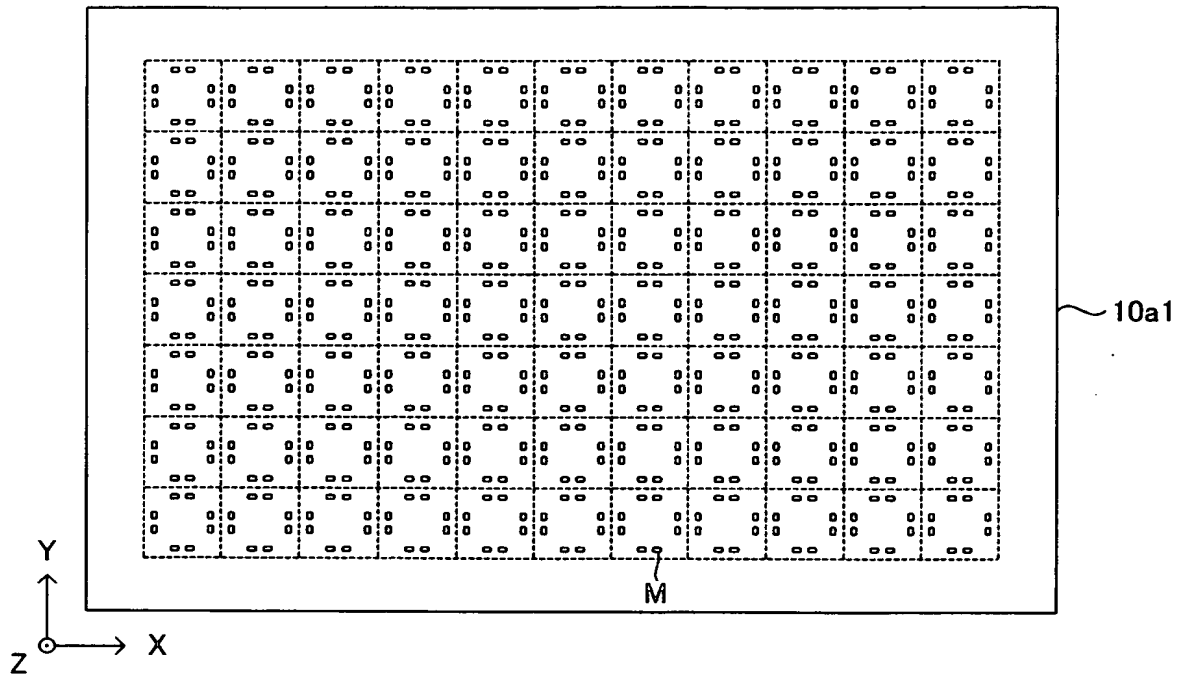
【図 8】



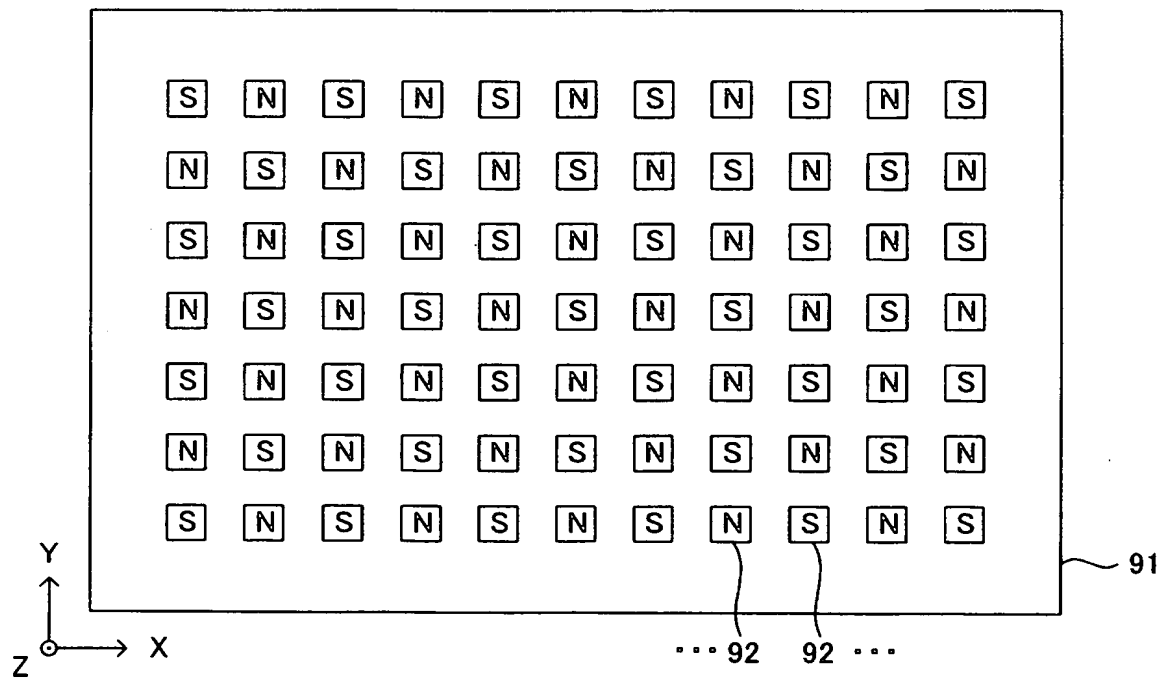
【図 9】



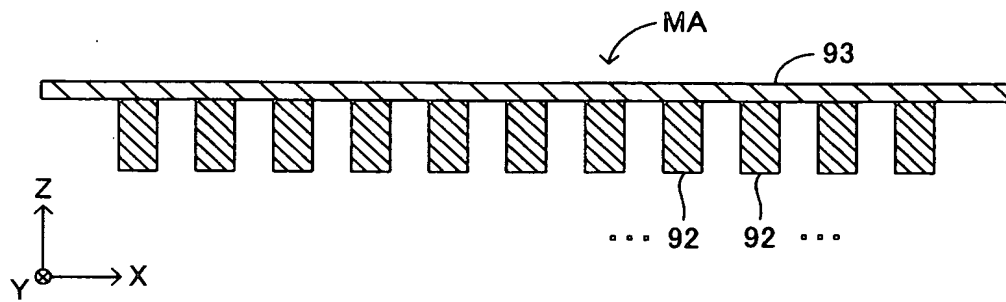
【図 10】



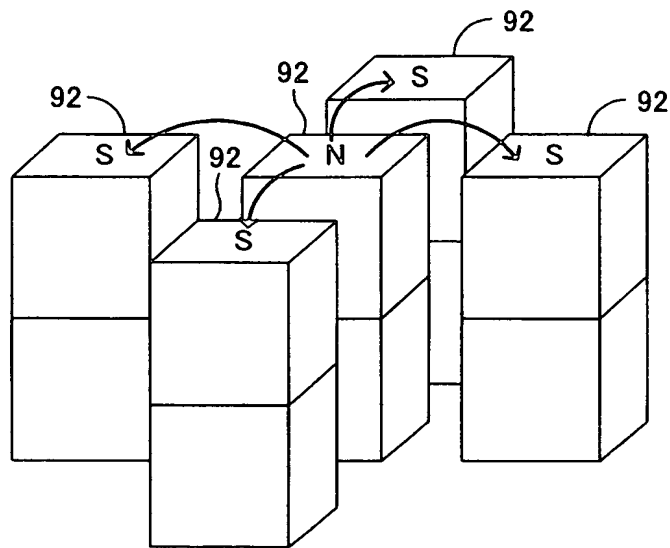
【図 11】



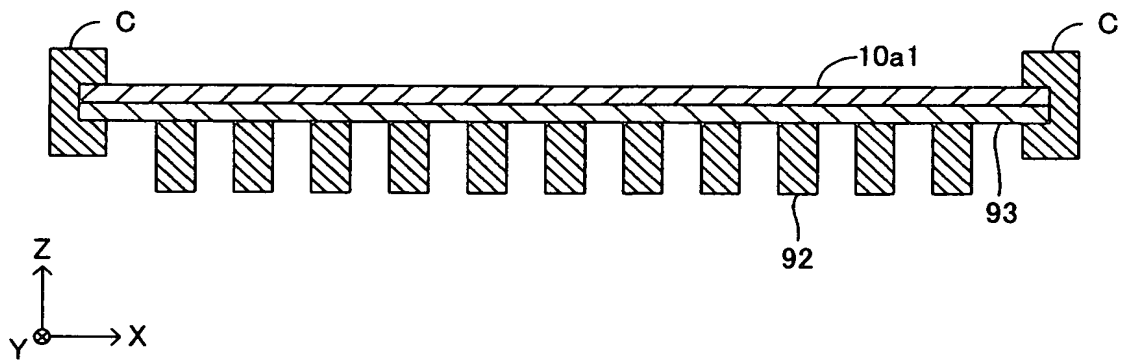
【図 12】



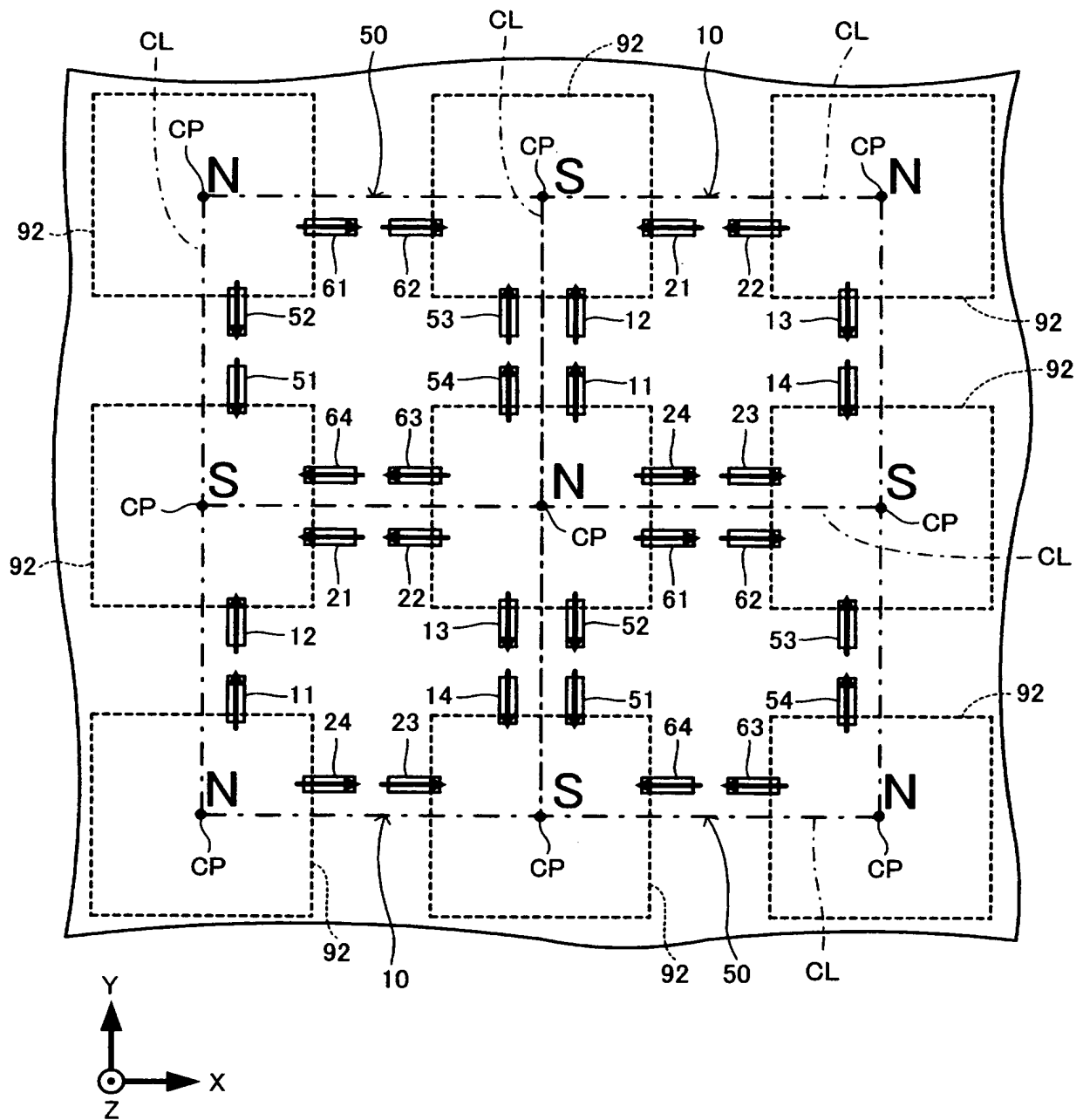
【図 13】



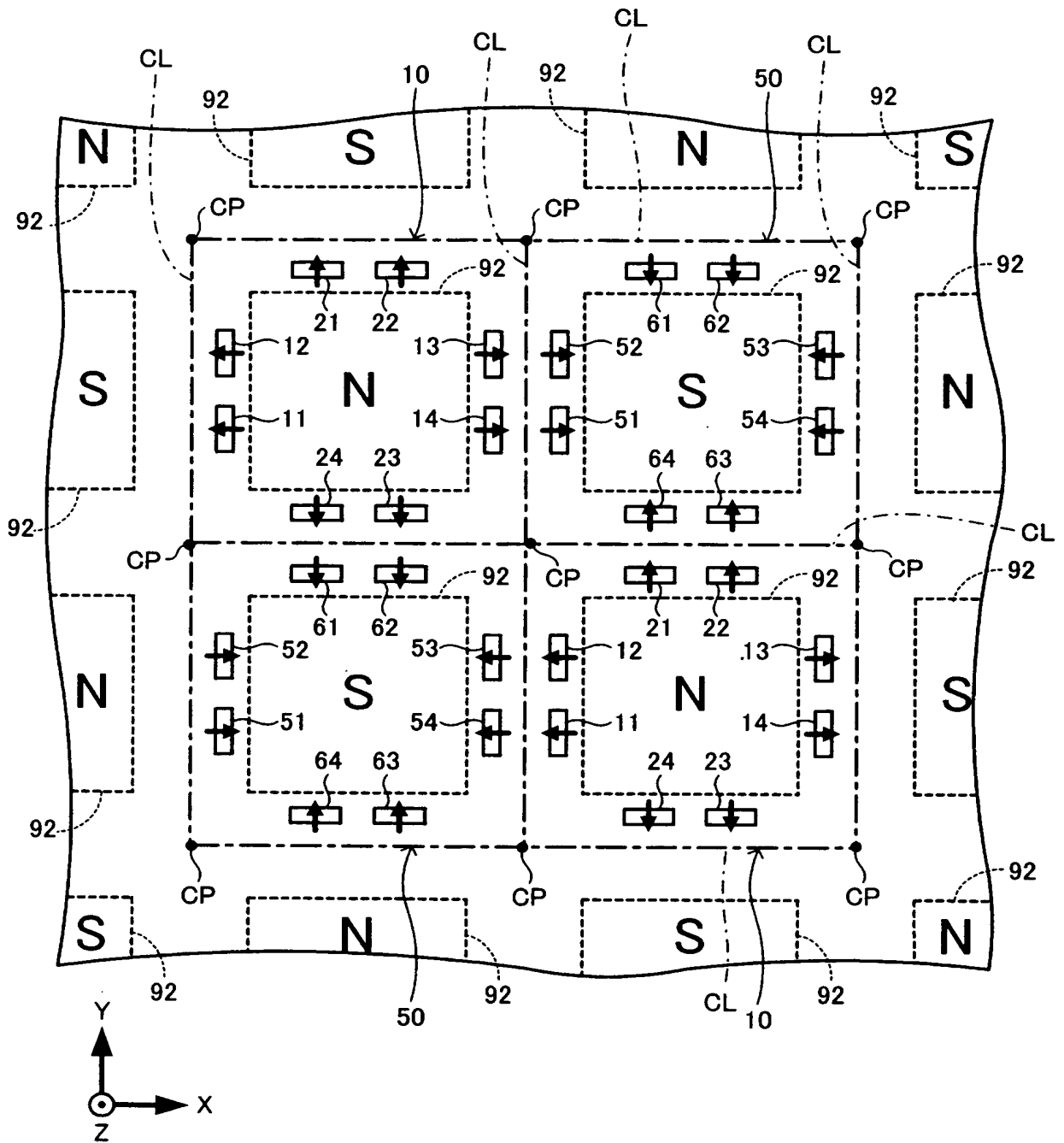
【図 14】



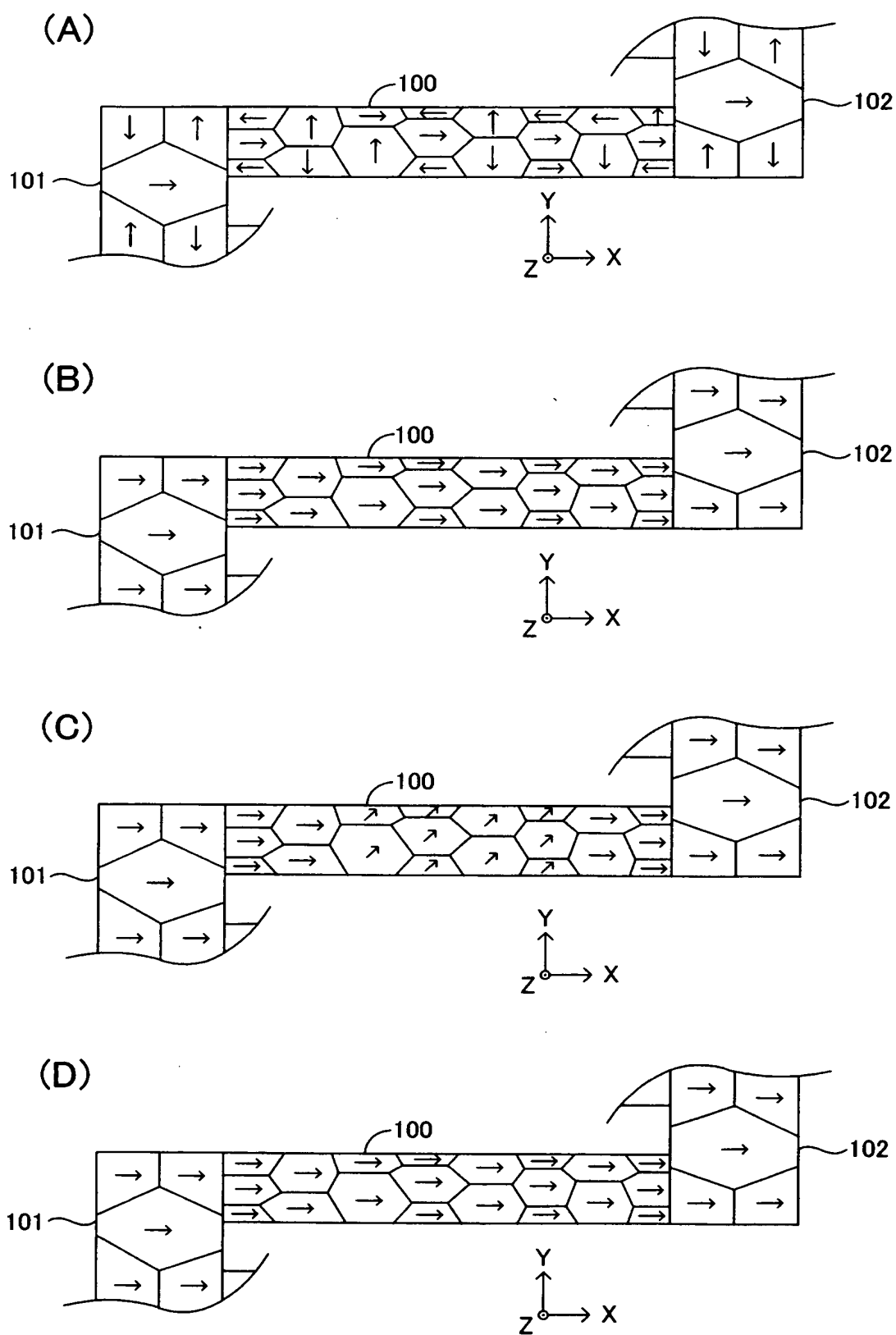
【図 15】



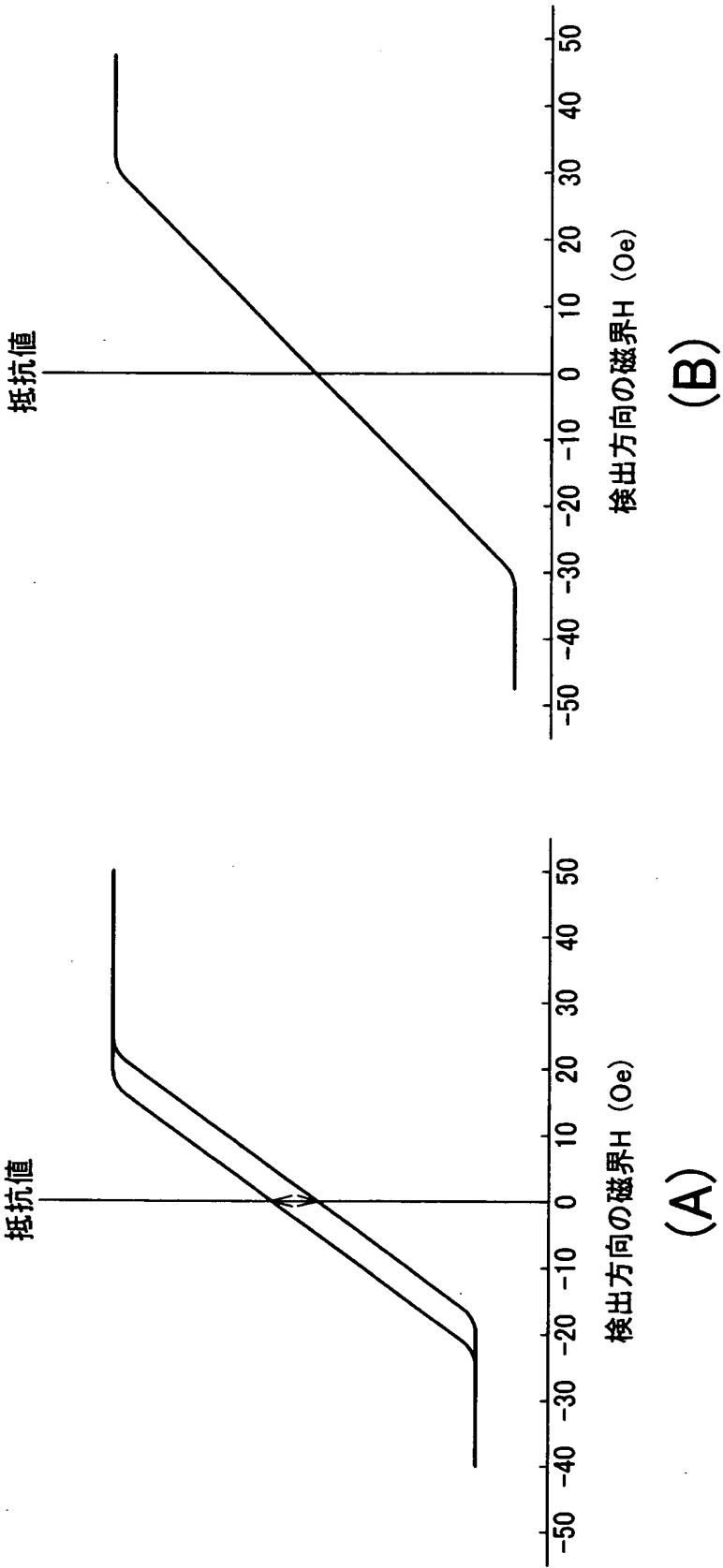
【図 16】



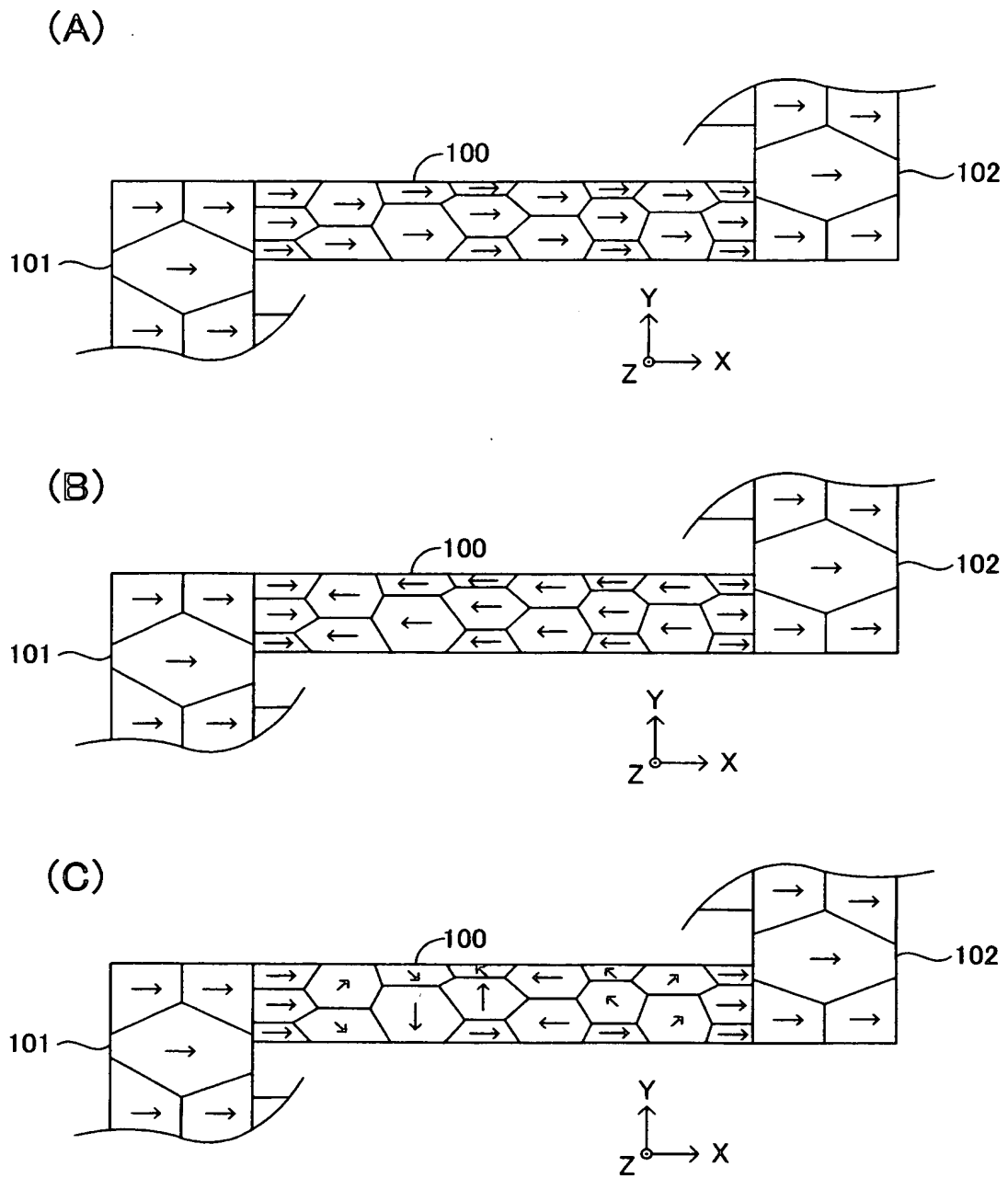
【図 17】



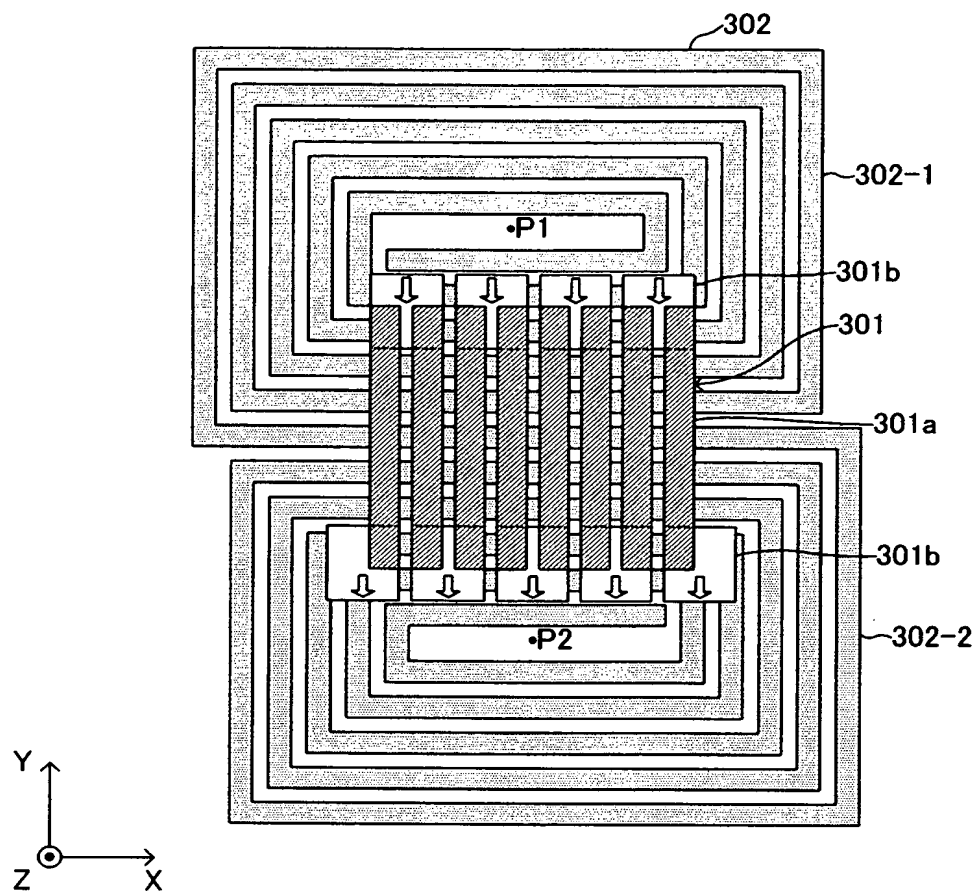
【図 18】



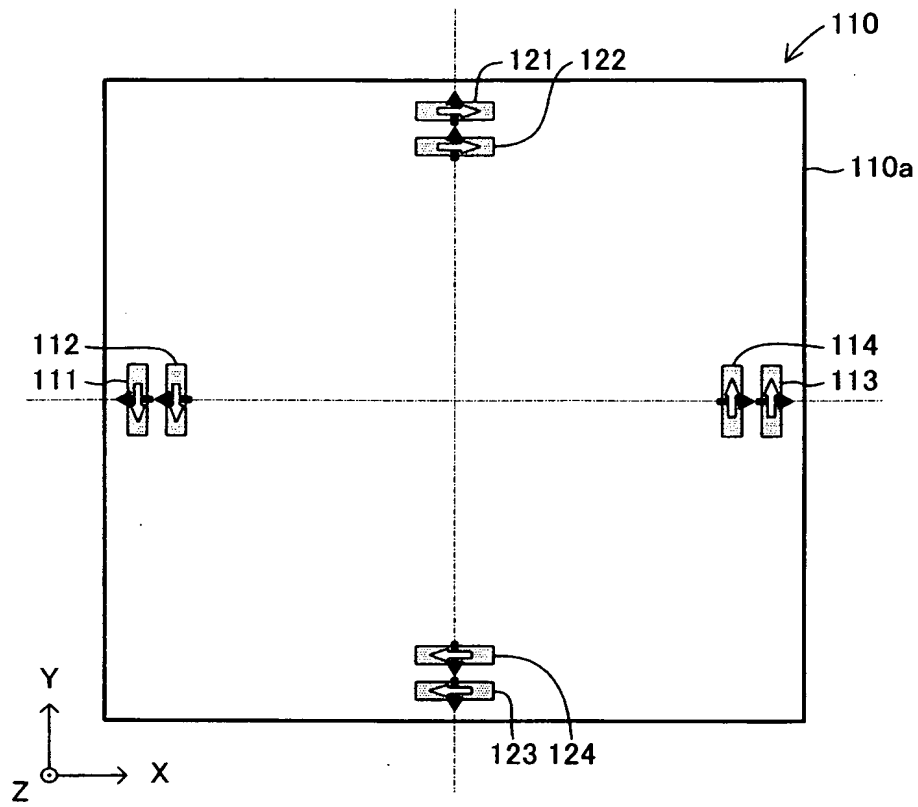
【図 19】



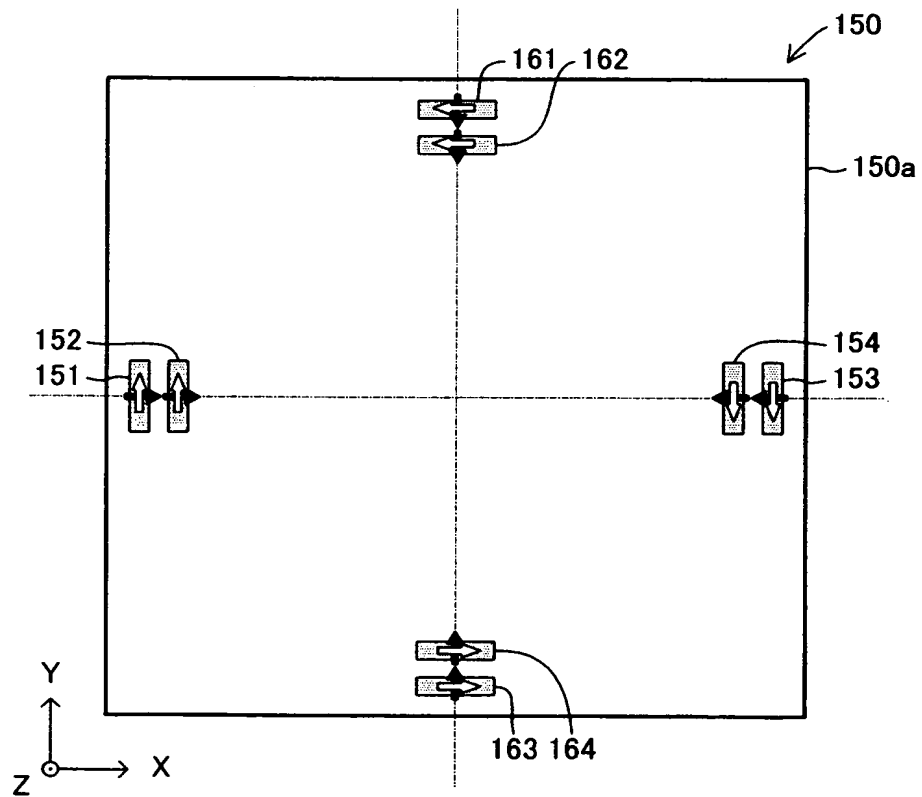
【図 20】



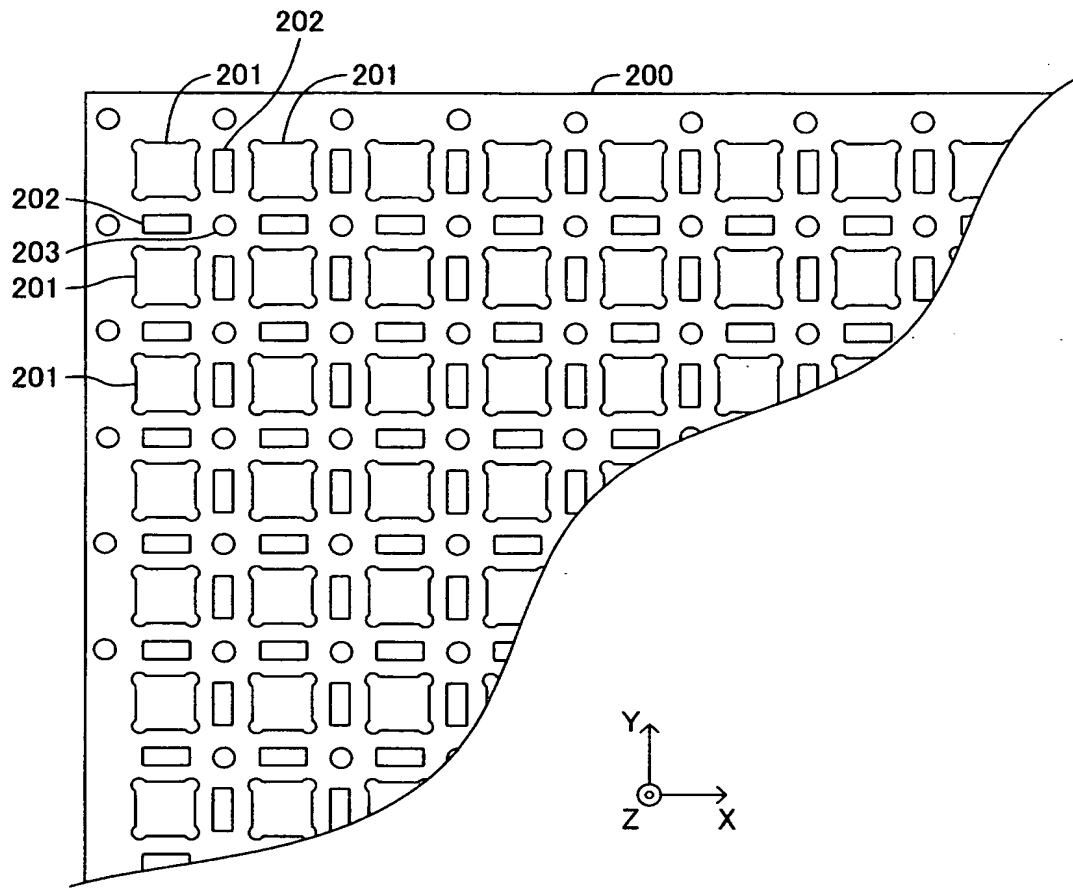
【図 2 1】



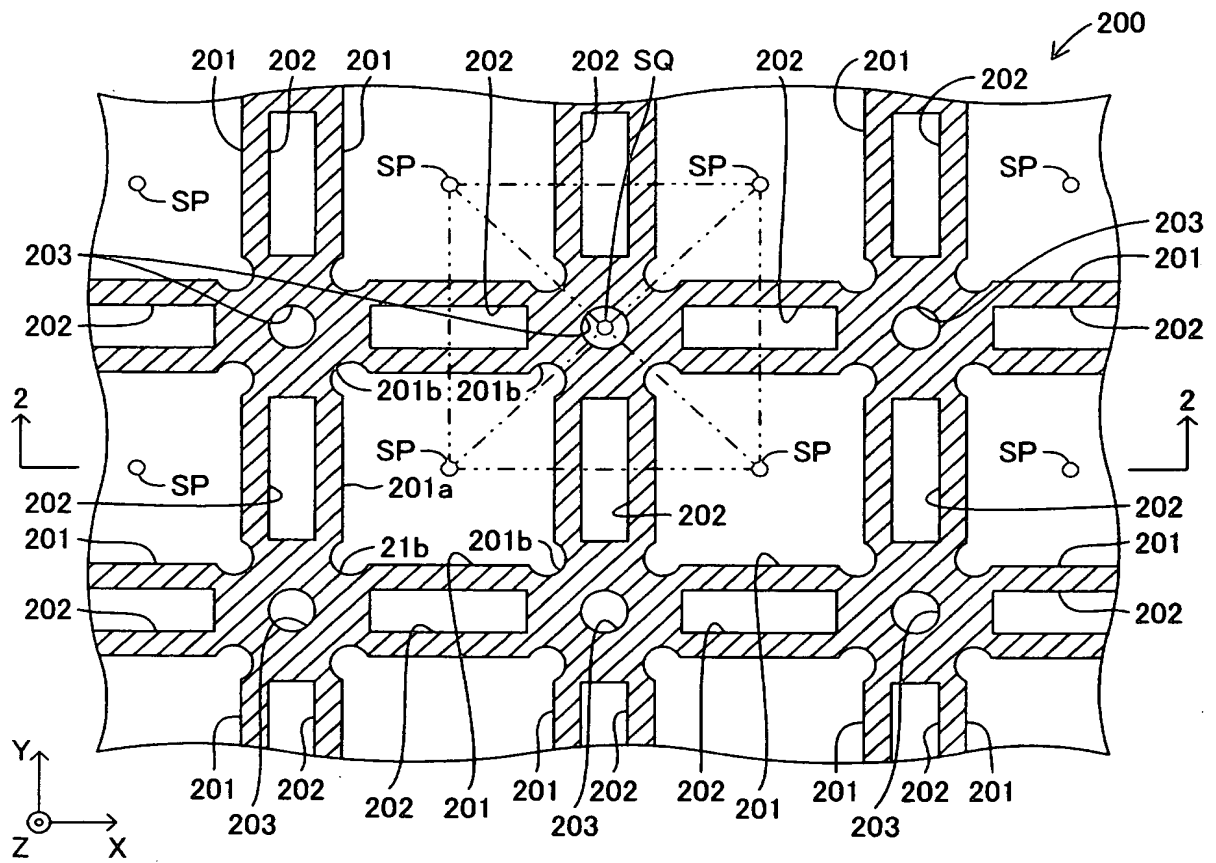
【図 2 2】



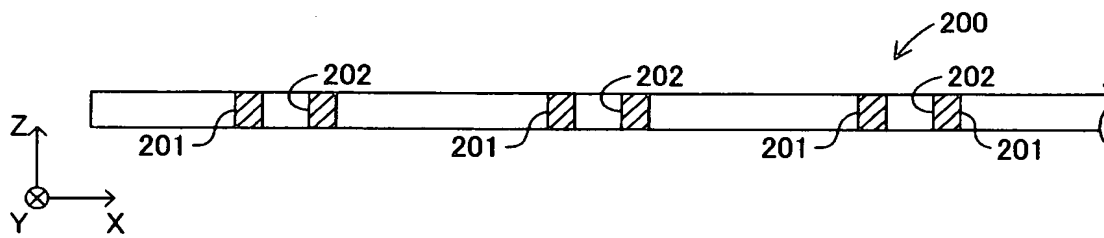
【図 23】



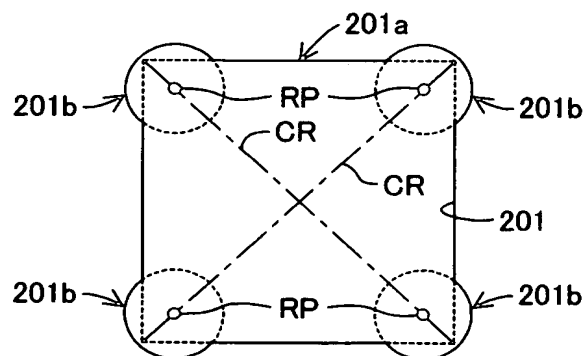
【図 2 4】



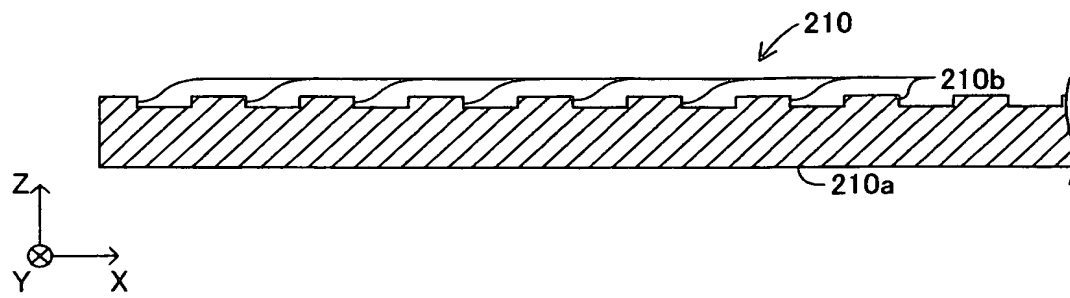
【図 2 5】



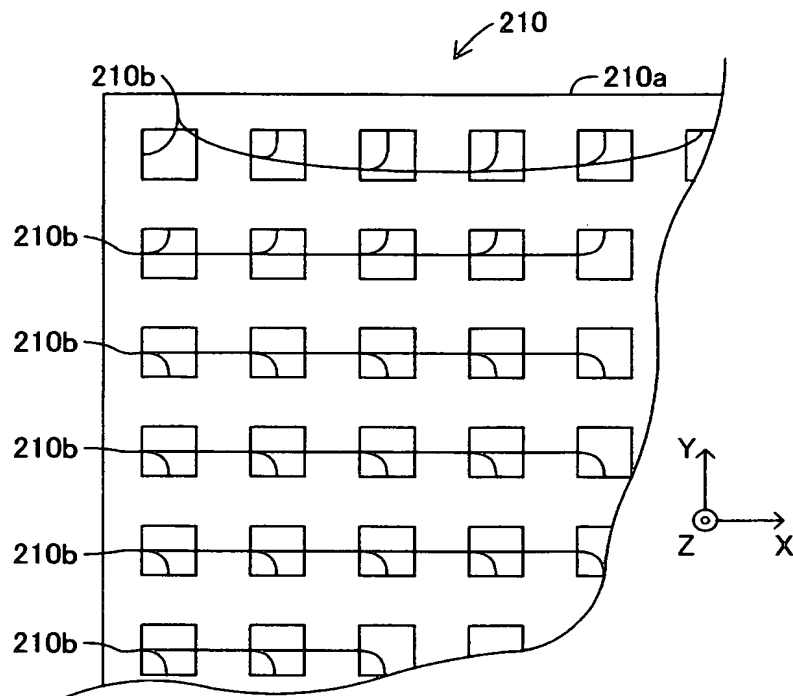
【図 2 6】



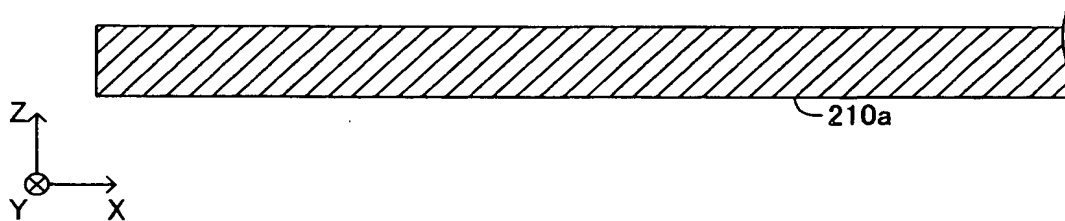
【図 27】



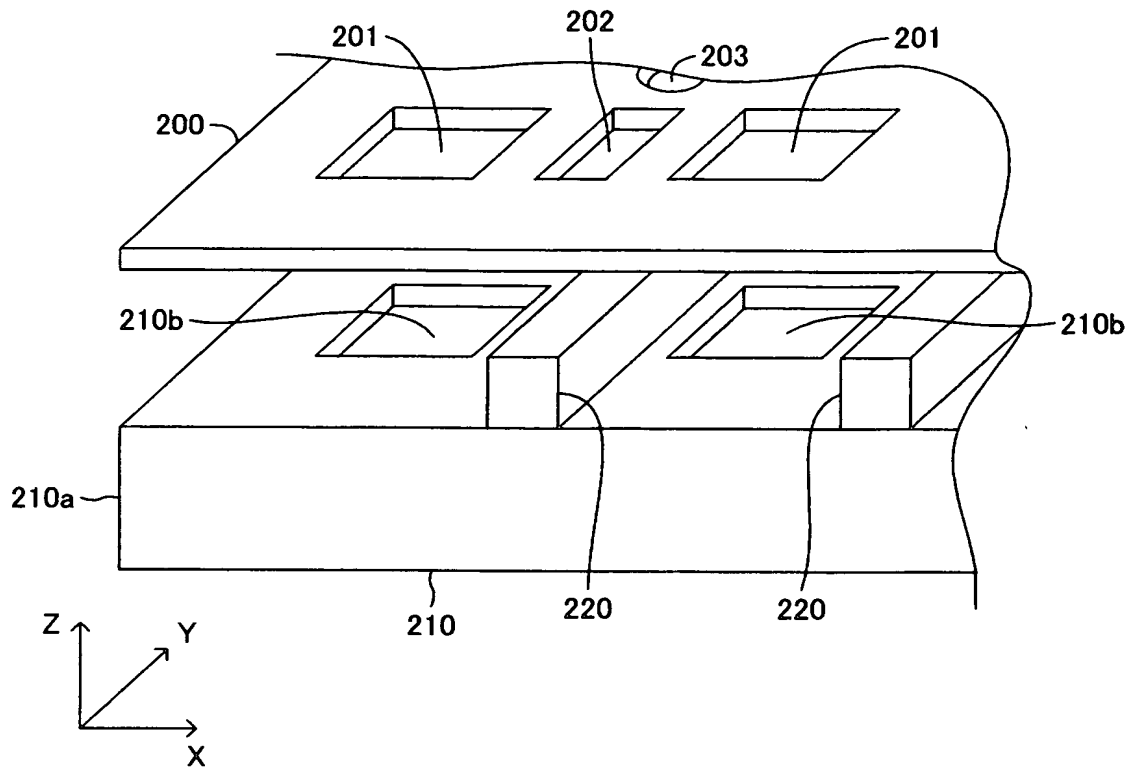
【図 28】



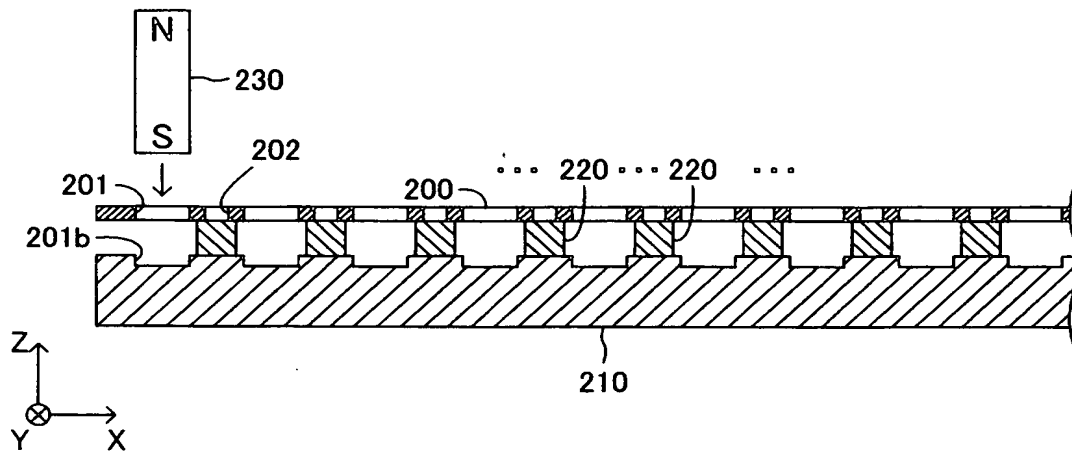
【図 29】



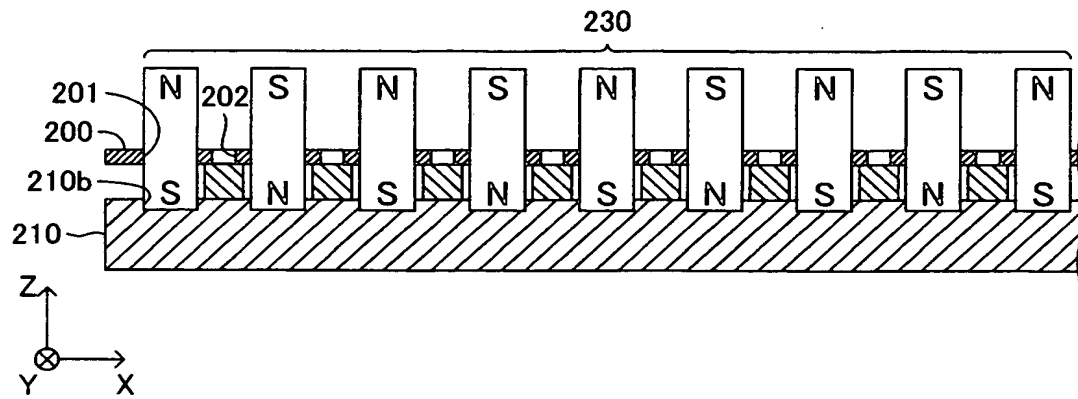
【図 30】



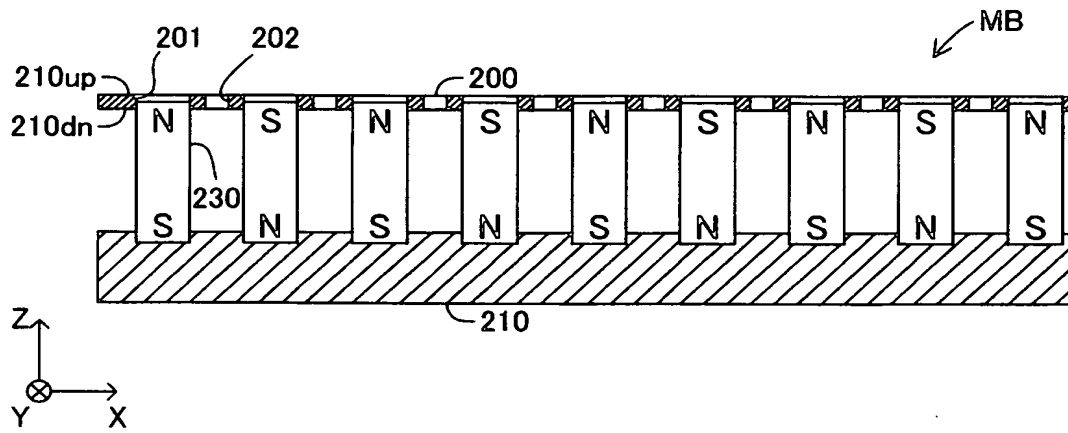
【図 31】



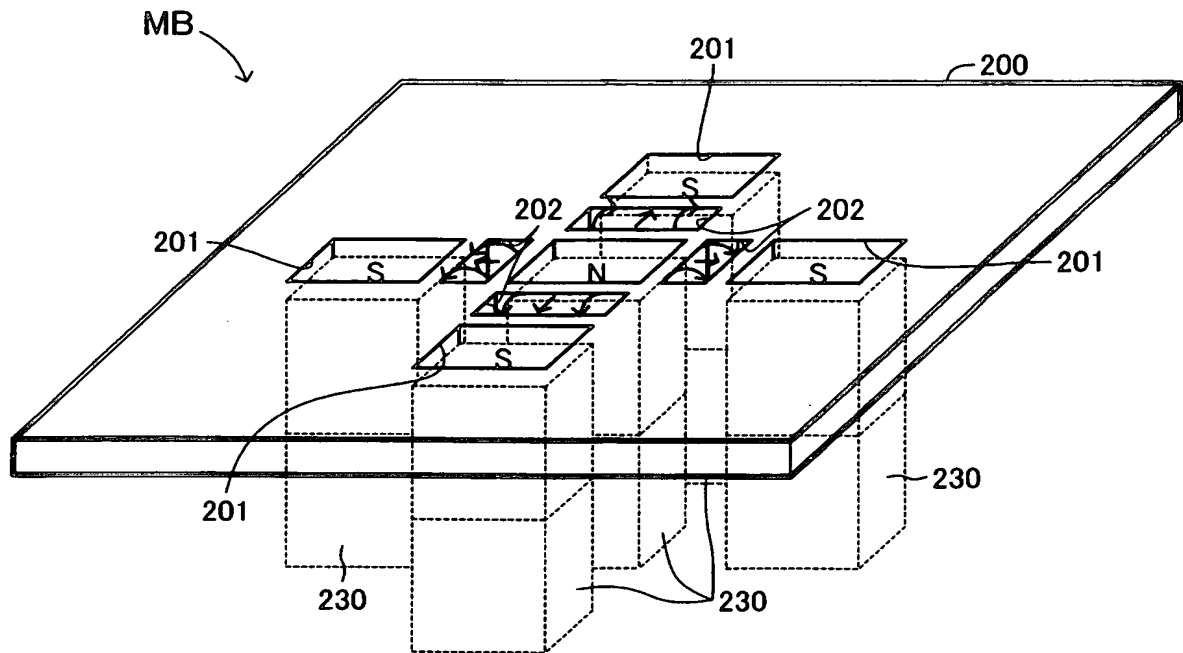
【図 3 2】



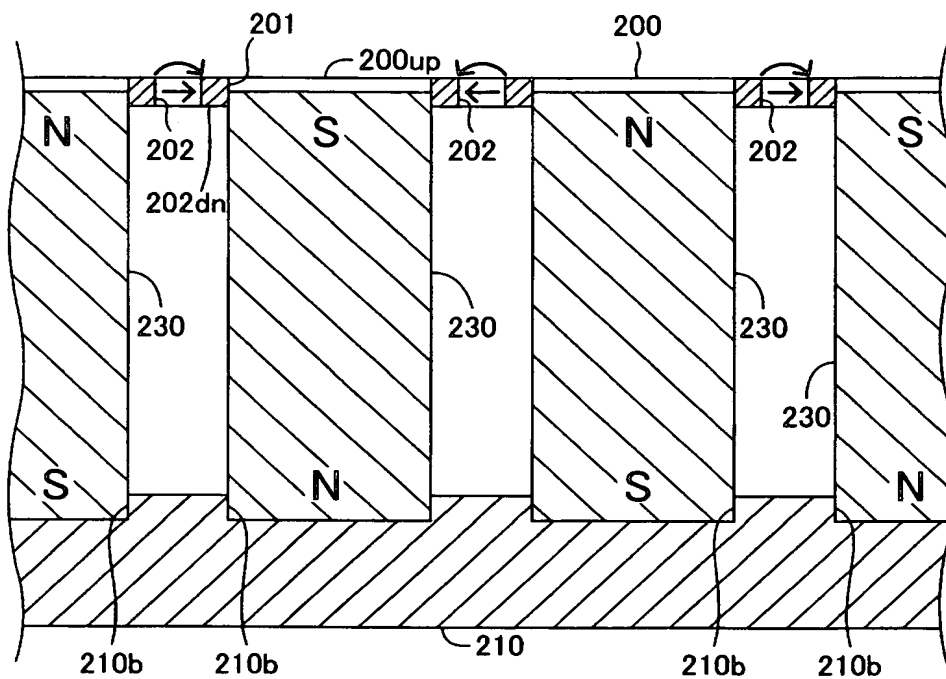
【図 3 3】



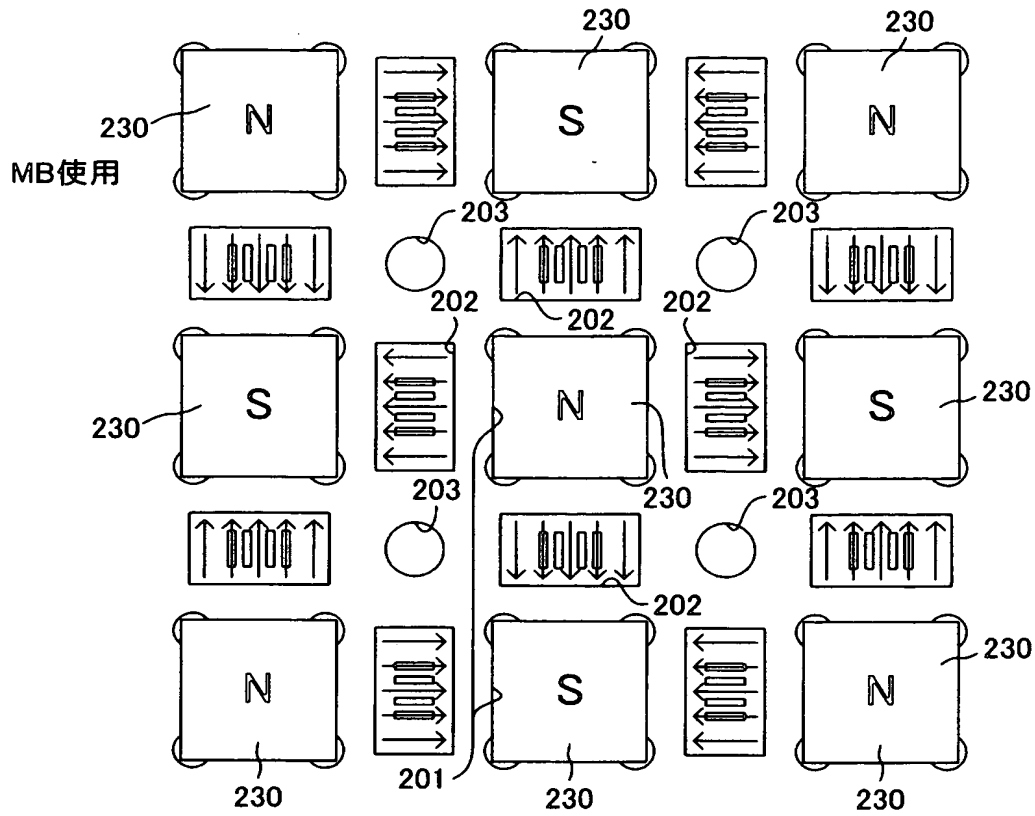
【図 3 4】



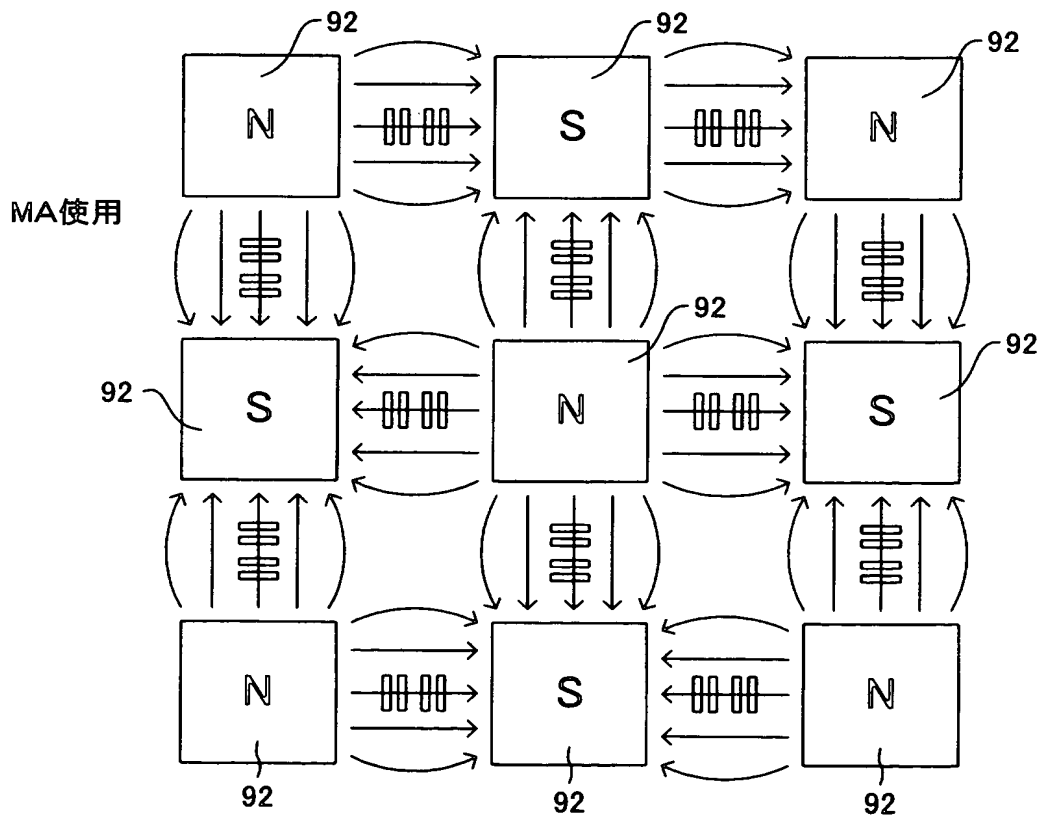
【図 3 5】



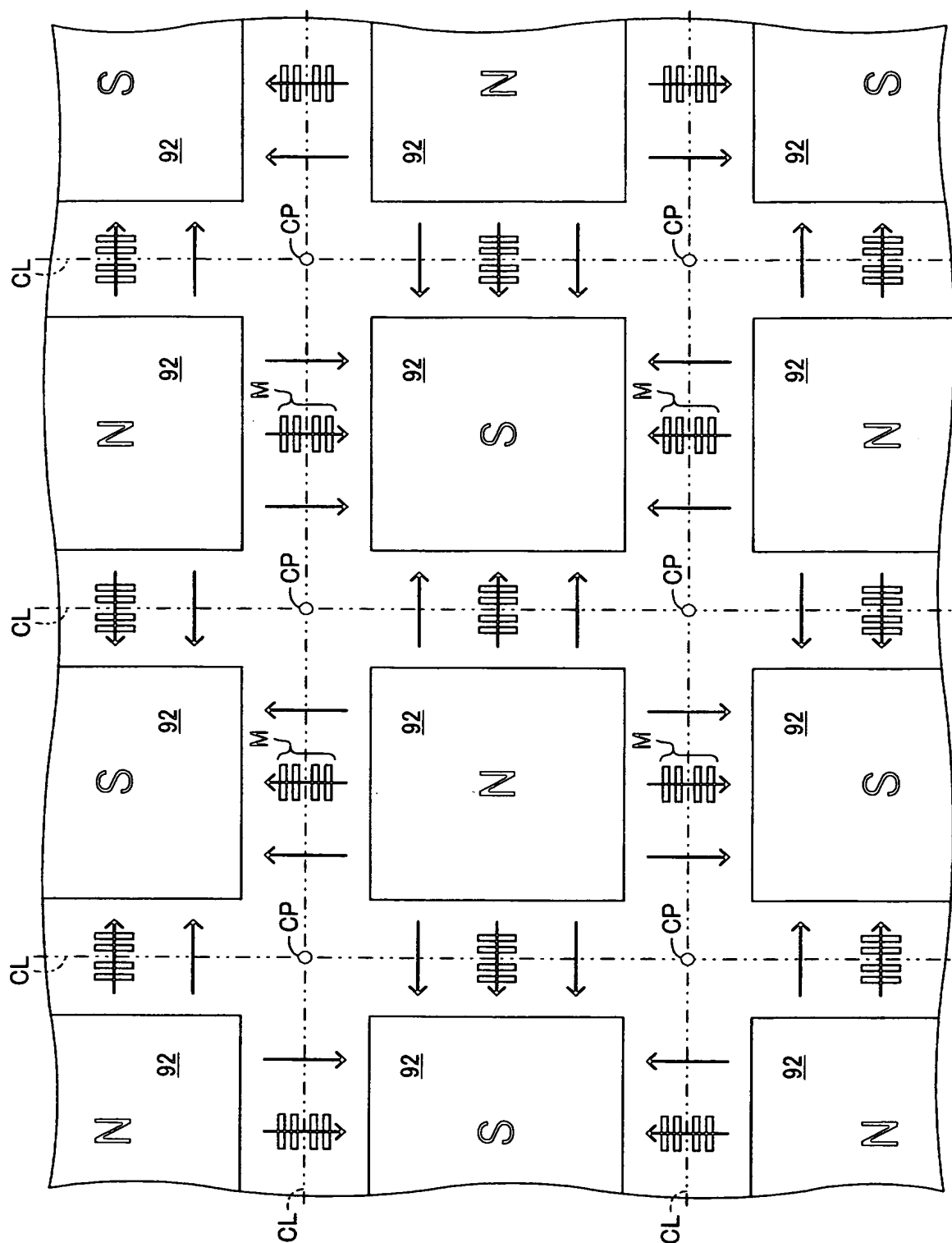
【図 3 6】



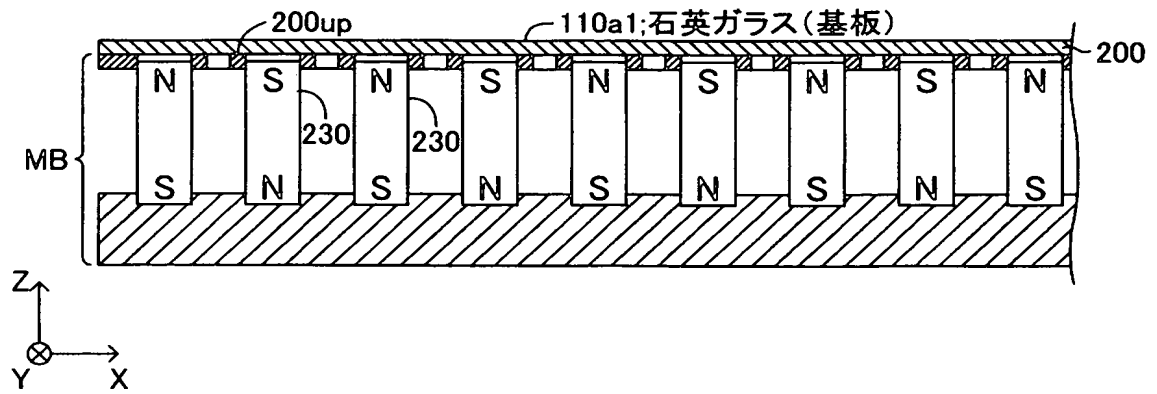
【図 3 7】



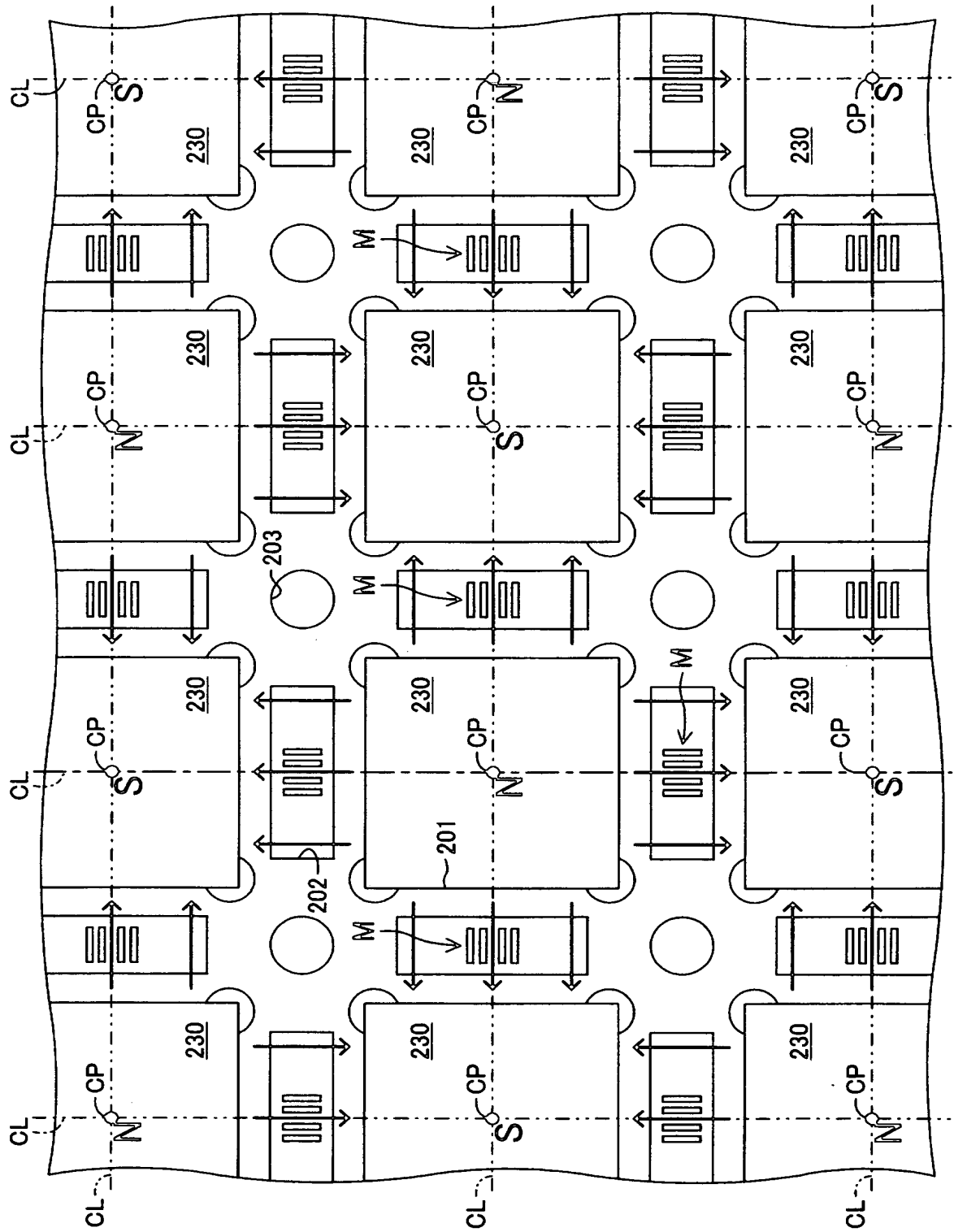
【図 38】



【図 39】



【図 40】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フリー層の磁区の磁化の向きを安定して維持し得る磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサを提供すること。

【解決手段】 この磁気センサは、ピンド層とフリー層とを含む幅狭带状部 1 1 a … 1 1 a を備えた磁気抵抗効果素子を含んでいる。フリー層の両端部下方には、同フリー層に所定の向きのバイアス磁界を発生させる永久磁石からなるバイアス磁石膜 1 1 b … 1 1 b と、前記フリー層に近接して設けられ所定条件下での通電により前記バイアス磁界と同一の向きの磁界を同フリー層に加える初期化用コイル 3 1 とが形成されている。また、バイアス磁石膜の着磁とピンド層の磁化の向きの固定は、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成されたマグネットアレイによって形成される磁界によりなされる。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-359790
受付番号	50301739160
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成 15 年 10 月 23 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年10月20日

【特許出願人】

【識別番号】 000004075

【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 10 番 1 号

【氏名又は名称】 ヤマハ株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100088971

【住所又は居所】 愛知県名古屋市中村区太閤 3 丁目 1 番 18 号 名古屋 K S ビル 特許業務法人プロスペック特許事務所

【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100115185

【住所又は居所】 愛知県名古屋市中村区太閤 3 丁目 1 番 18 号 名古屋 K S ビル 特許業務法人プロスペック特許事務所

【氏名又は名称】 加藤 慎治

特願 2 0 0 3 - 3 5 9 7 9 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 0 7 5]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号

氏 名

ヤマハ株式会社